This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Stanford University Libraries
3 6105 007 697 795

The Branner Geological Library

LELAND·STANFORD·JVNIOR·VNIVERSITY

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
31332 Quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE

(ANCIENNE SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE),

Fondée le 21 Mars 1878,

RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 2 FÉVRIER 1886.

TOME VINGT-CINQUIÈME.

PARIS,

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie,

15, rue des Saints-Pères, 15.

MAISON A LIÉGE, RUE DES DOMINICAINS, 7.

1902

214647

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE.

LISTE DES MEMBRES

1902

Membres honoraires décédés.

MILLER (W.-H.).
ADAM.
KOBELL (Fr. von).
SMITH (Lawrence).
SELLA (Q.).
RATH (G. vom).
DOMEYKO (I.).
LEUCHTENBERG (S. A. I. le grand-duc Nic. de).
KOKSCHAROW (N. DE).
SCACCHI (A.).
SZABO (J.).
MARIGNAC (Ch. DE).
DANA (J.-D.).
DES CLOIZEAUX.
SCHRAUF (A.).
FRIEDEL (Ch.).
RAMMELSBERG (C.).
NORDENSKIOELD (A.-E.).

Membres honoraires.

BRÖGGER (W.-C.), professeur à l'Université de Christiania.

DAMOUR (A.), membre de l'Institut, 10, rue Vignon, Paris, 9e.

FOUQUÉ (F.), membre de l'Institut, professeur d'Histoire naturelle des corps inorganiques au Collège de France, 23, rue Humboldt, Paris, 14e.

GROTH (Dr Paul), professeur à l'Université, Mineralogische Sammlung Akademie, Munich (Bavière).

LANG (V. von), professeur à l'Université de Vienne.

MASKELYNE (N. S. Esqre), membre de la Chambre des Communes, Basset Down House, Swindon, Wilts (Angleterre).

ROSENBUSCH (Dr H.), professeur à l'Université de Heidelberg.

TOPSOE (Dr H.), professeur à l'École militaire de Copenhague.

TSCHERMAK (Dr G.), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Vienne.

ZIRKEL (D^r^ Fr.), professeur à l'Université de Leipzig.

Membres perpétuels.

BERTRAND (Émile), ingénieur, 35, boulevard des Invalides, Paris, 7e.

INSTITUT impérial des Mines de Saint-Pétersbourg.

MAUROY (DE), ingénieur, à Vassy (Haute-Marne).

SEIDEL Y AYMERICH (José), professeur à la Faculté des Sciences de la Havane (Cuba).

SPECULA VATICANA, à Rome.

SOCIÉTÉ impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg.

Membres ordinaires [1].

m AMARAL (Fr. José de Santa Maria), mostero de S. Bento, à Rio-de-Janeiro.

AMIOT (H.), ingénieur en chef des Mines, attaché à la Direction des Chemins de fer de P.-L.-M., 4, rue Weber, Paris, 16e.

ARMACHEWSKI (P.), professeur à l'Université de Kiew (Russie).

ARSANDAUX (H.), préparateur au Collège de France.

ATANASESCO (N.), docteur ès sciences, professeur de Chimie à la Faculté de Médecine, 21, strada Stirbey Voda, Bucharest.

---

[1] La lettre *m* indique les membres à vie.

BÄCKSTRÖM (Dr H.), professeur à la Högskola, Stockholm.

BARDET (Dr), 20, rue de Vaugirard, Paris, 6e.

BARET (Ch.), 23, rue Chateaubriand, Nantes.

m BARROIS (Charles), professeur adjoint à la Faculté des Sciences, 37, rue Pascal, Lille, et 9, rue Chomel, Paris, 7e.

BARTH (J.-A.), éditeur des *Beiblätter zu den Annalen der Physik,* Rossplatz, 17, Leipzig.

BAUER (Dr Max), professeur à l'Université, Marburg (Hesse).

BEL (J.-M.), ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur civil des Mines, 4, place Denfert-Rochereau, Paris, 14e.

BENIER, ingénieur, Combs-la-Ville (Seine-et-Marne).

BENSAUDE (Dr Alf.), membre de l'Académie royale des Sciences, professeur à l'Institut industriel, rue S. Gaetano, Lapa, Lisbonne.

BERGERON (Jules), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'École centrale, directeur adjoint du Laboratoire des recherches géologiques à la Faculté des Sciences, 157, boulevard Haussmann, Paris, 8e.

BERTRAND (Marcel), membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines, 101, rue de Rennes, Paris, 6e.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Clermont-Ferrand.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Grenoble.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Louvain (Belgique).

BIBLIOTHÈQUE de la K. Techn. Hochschule de Stuttgart.

BIZARD (R.), 23, rue des Arènes, Angers.

BLONDEL (Maurice), licencié ès sciences, 286, boulevard Raspail, Paris, 14e.

BOMBICCI PORTA (Louis), professeur et directeur du Musée de Minéralogie, à l'Université de Bologne (Italie).

BOUBÉE (Madame E.), officier d'Académie, 3, boulevard et place Saint-André-des-Arts, Paris, 6e.

BOUCHARD (Dr), membre de l'Institut, 174, rue de Rivoli, Paris, 1er.

m BOUCHARDAT (Gust.), professeur à l'École de Pharmacie, 108, boulevard Saint-Germain, Paris, 6e.

BOURGEAT (l'abbé), docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

m BOURGEOIS (Léon), répétiteur à l'École Polytechnique, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, 1, boulevard Henri-IV, Paris, 4e.

m BOWMAN (Herbert-L.), démonstrateur de Minéralogie à l'Université, 7, Manor Road, Oxford (Angleterre).

BRAUNS (R.), professeur de Minéralogie à l'Université, 4, Ostanlage, Giessen.

BRÉON (René), ingénieur civil, Semur (Côte-d'Or).

BÜCKING (Dr Hugo), professeur de Minéralogie à l'Université de Strasbourg.

m BUREAU (Dr Louis), professeur à l'École de Médecine, directeur du Musée d'Histoire naturelle, 15, rue Gresset, Nantes.

BUTTGENBACH, à Glain (Liége) (Belgique).

CABINET de Minéralogie de l'Université royale de Pavie.

CARNOT (Ad.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'École des Mines, Paris, 6e.

CAYEUX (L.), professeur à l'Institut agronomique, préparateur à l'École des Mines, Paris, 6e.

CESARO (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Liége, Cheratte (Belgique).

CHABRIÉ (C.), docteur ès sciences, chef du Laboratoire de Chimie de la Clinique des voies urinaires, chargé de cours à la Faculté des Sciences, villa des Fougères, Chaville (Seine-et-Oise).

CHESTER (A.), professeur au Retgers College, New Brunswick, New-Jersey (États-Unis).

CHURCH (A.-H.), F. R. S., professeur de Chimie, Shelsley, Kew Gardens, Surrey (Angleterre).

COHEN (Dr E.), professeur à l'Université, 4, Rossmarkt, Greifswald (Allemagne).

COLANI (A.), 19, rue Vauquelin, Paris, 5e.

COLORIANO (P. Ant.), docteur ès sciences, directeur de l'École normale d'instituteurs, Bucharest (Roumanie).

m CORNU (A.), membre de l'Institut, professeur de Physique à l'École Polytechnique, 9, rue de Grenelle, Paris, 7e.

COSSA (Alfonso), professeur de Chimie à l'École d'application des ingénieurs (Valentino), Turin.

m COSTA-SENA (J. DA), ingénieur des Mines, Ouro-Preto, Minas Geraës (Brésil).

CUMENGE, ingénieur en chef honoraire des Mines, 33, rue de la Bienfaisance, Paris, 8e.

m CURIE (Pierre), chargé de Cours de Physique à la Faculté des Sciences de Paris, professeur à l'École de Physique et Chimie, 108, boulevard Kellermann, Paris, 13e.

DAMOUR (Emilio), chef des travaux de Chimie à l'École des Mines, Paris, 6e.

DELAGE (A.), professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DEMIDOFF LAPOUKHINE (Prince), 35, avenue Victor-Hugo, Paris, 16e.

DERWIES (Mlle Véra VON), École supérieure des femmes de Saint-Pétersbourg.

DESHARNOUX, graveur, 69, rue Monge, Paris, 5e.

DOELTER (Dr Corn.), professeur de Minéralogie à l'Université de Gratz (Autriche).

DUFET (H.), maître de conférences de Minéralogie à l'École Normale supérieure, 35, rue de l'Arbalète, Paris, 5e.

DUPARC (Louis), professeur de Minéralogie à l'Université de Genève.

DURANDIÈRE (Arthur DE LA), 62, rue des Saint-Pères, Paris, 7e.

FERRAND (Lucien), préparateur de Chimie à l'École Polytechnique, 68, rue Ampère, Paris, 17e.

FLAMAND, chargé de cours à l'École des Sciences d'Alger, Alger-Mustapha.

FRIEDEL (Georges), ingénieur des Mines, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, 11, place Fourneyron, Saint-Étienne (Loire).

m FROSSARD (le Pasteur Ch.), 14, rue Ballu, Paris, 9e, et à Bagnères-de-Bigorre.

GAUBERT (Paul), docteur ès sciences, assistant de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 1, rue Mirbel, Paris, 5e.

GENTIL (Louis), chargé de conférences de Pétrographie à la Faculté des Sciences, Paris, 5e.

GLANGEAUD (Ph.), professeur adjoint de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

GLINKA (Serge), privat docent, cabinet de Minéralogie, Université impériale de Saint-Pétersbourg.

GOGUEL (H.), docteur ès sciences, maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 52, cours d'Alsace-Lorraine, Bordeaux.

m GOLDSCHMIDT (Dr V.), professeur de Minéralogie et de Cristallographie à l'Université, 9, Gassbergstrasse, Heidelberg.

GONNARD (F.), ingénieur des hospices civils de Lyon, 38, quai de Vaise, Lyon.

GORCEIX (Henri), ex-directeur de l'Ecole des Mines d'Ouro-Preto (Brésil), à Mont-sur-Vienne, par Bujaleuf (Haute-Vienne).

GOSSELET (J.), correspondant de l'Institut, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, 18, rue d'Antin, Lille.

GRAEFF (Dr F.-G.), professeur à l'Université, 39, Rheinstrasse, Freiburg. i. B. (Allemagne).

m GRAMONT (Arnaud DE), docteur ès sciences, 81, rue de Lille, Paris, 7e.

GRATTAROLA, directeur du Musée et Laboratoire de Minéralogie de l'Institut royal des Études supérieures, 2, piazza San Marco, à Florence.

GROULT-DEYROLLE (P.), naturaliste, 46, rue du Bac, Paris, 7e.

GUYOT DE GRANDMAISON (E.), 23, rue Clairat, Bergerac (Dordogne).

HAUTEFEUILLE (P.), membre de l'Institut, professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 28, rue du Luxembourg, Paris, 6e.

HINTZE (Dr C.), professeur de Minéralogie à l'Université, Moltkestrasse, 5, Breslau.

HUSSAK (E.), Commission géologique de São Paulo (Brésil).

INSTITUT minéralogique de l'Université de Czernowitz (Autriche).

JANNETTAZ (Paul), ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École centrale, 68, rue Claude-Bernard, Paris, 5e.

JOFFRE (J.), chimiste, 2, route de Saint-Leu, Montmorency (Seine-et-Oise).

JUNGFLEISCH (E.), membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de Pharmacie et au Conservatoire des Arts et Métiers, 74, rue du Cherche-Midi, Paris, 6e.

KAMPMANN (Alfred), Épinal.

KLEIN (Dr Carl), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Berlin, Geh. Bergrath, Joachimsthaler Str., 39-40, Charlottenburg b. Berlin.

KLOBB (T.), professeur à l'École supérieure de Pharmacie, 44, rue de Metz, Nancy.

KRENNER (Dr), professeur de Minéralogie au National Museum, Buda-Pest.

KUNZ (Georges-F.), chez MM. Tiffany et Cie, Union Square, New-York City.

LACOUR, ingénieur civil des Mines, 60, rue Ampère, Paris, 17e.

m LACROIX (A.), professeur de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 8, quai Henri-IV, Paris, 4e.

LAPPARENT (Alb. DE), membre de l'Institut, professeur de Géologie et Minéralogie à l'Institut catholique, 3, rue de Tilsitt, Paris, 8e.

LE CHATELIER (H.), ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines et au Collège de France, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris, 6e.

LEWIS (W.-J.), New Museums, Cambridge (Angleterre).

LIEBISCH (Dr), professeur de Minéralogie à l'Université, Göttingen (Prusse).

LIMA (J. do Rego), ingénieur des Mines, professeur de Géologie à l'École militaire, 6, rue Fresca, 2e, Lisbonne.

LINDSTROEM (G.), adjoint au Riks-Museum, Stockholm (Suède).

m LIVERSIDGE, professeur à l'Université de Sydney, Nouvelle-Galles du Sud (Australie).

LOVISATO (Domenico), professeur à l'Université de Cagliari (Sardaigne).

LUEDECKE (Dr Otto), professeur à l'Université, Blumenthalstrasse, Halle s. Saale, Thuringe.

MASSEY (DE), Ingénieur civil des Mines, 10 *bis*, rue Denfert-Rochereau, Paris, 5e.

MASSOULIER, avenue de Paris, Tulle (Corrèze).

MATTIROLO (Ettore), ingénieur des Mines, directeur du Laboratoire chimique de l'Office royal géologique des Mines, Rome.

MEUNIER (Stanislas), professeur de Géologie au Muséum d'histoire naturelle, 7, boulevard Saint-Germain, Paris, 5e.

m MICHEL (Léopold), maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, 128, avenue de Neuilly, Neuilly (Seine).

m MICHEL LÉVY (A.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur du Service de la Carte géologique de France, 26, rue Spontini, Paris, 16e.

MIEG (Mathieu), 48, avenue de Modenheim, Mulhouse.

m MIERS (Henry-A.), professeur au Magdalen College, Oxford.

m MIRABAUD (Paul), banquier, 8, rue de Provence, Paris, 9e.

MOISSAN (H.), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, 7, rue Vauquelin, Paris, 5e.

MOREL (A.), préparateur à la Faculté des Sciences, 15, rue Chazière, Lyon.

MOSES (Dr Alf. J.), professeur de Minéralogie à l'École des Mines, Columbia University, New-York.

MUNIER-CHALMAS, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, 75, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris, 6e.

MUSEUM d'Histoire naturelle de Hambourg (Allemagne).

NENTIEN (E.), ingénieur en chef des Mines, Chalon-sur-Saône.

NICOLAU (Dr), professeur au Lycée, Strada Sf. Athanasie n° 1, Jassy (Roumanie).

ŒBBEKE (Dr K.), professeur de Minéralogie à la Technische Hochschule, Munich (Bavière).

OFFRET (Albert), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, villa Sans-Souci, 53, chemin des Pins, Lyon.

O'GORMAN (comte Gaëtan), 21, avenue de Barèges, Pau (Basses-Pyrénées).

OUROCHEWICH (Sawa), professeur à l'École supérieure des Sciences de Belgrade (Serbie).

PACHECO DO CANTO E CASTRO (Eug. Vaz), professeur au Lycée de Ponta Delgada, île de Sâo-Miguel (Açores).

PAVOT, intendant militaire, 36 *bis*, rue Ballu, Paris, 9e.

PISANI (F.), chimiste, 8, rue de Furstenberg, Paris, 6e.

PORCHER (l'abbé), professeur au Petit Séminaire, 19, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris, 6e.

m POTIER (Alf.), membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines, professeur honoraire à l'École Polytechnique, 89, boulevard Saint-Michel, Paris, 5e.

m RICHARD (Ad.), préparateur à l'École des Mines, 73, rue du Cardinal-Lemoine, Paris, 5e.

ROUX (Léon), professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Poitiers.

m SAUVAGE (Ed.), ingénieur des Mines, 14, rue Eugène-Flachat (place Pereire), Paris, 17e.

m SAXE-COBOURG-GOTHA (S. A. I. le Prince dom Pedro DE).

SCACCHI (E.), professeur de Minéralogie à l'Université de Naples.

SCHULTEN (Dr Aug. DE), ancien professeur à l'Université de Helsingfors (Finlande), 14, rue de l'Abbé-de-l'Épée, Paris, 5e.

SEHERR THOSS (le baron M. DE), Hohenzollernstrasse, 16, Berlin.

SELIGMANN (G.), 18, Schlossrondel, Coblentz.

SELLE (vicomte DE), au château de Fontienne, près Forcalquier (Basses-Alpes).

SELWYN, ancien Directeur du Service géologique du Canada, Museum and Office, Sussex street, Ottawa.

SORET (Charles), professeur de Physique à l'Université, 8, rue Beauregard, Genève.

STEFANESCO (G.), directeur du Musée d'Histoire naturelle, 18, Strada Verde, Bucharest.

STÖBER (Dr H.), professeur de Minéralogie à l'Université, 2, boulevard Léopold, Gand.

STRUEVER (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Rome.

STUER (Al.), 4, rue de Castellane, Paris, 8e.

TERMIER (Pierre), ingénieur en chef des Mines, professeur de Minéralogie à l'École des Mines, 164, rue de Vaugirard, Paris, 15e.

USSING (Dr N.-V.), professeur à l'Université de Copenhague.

UZIELLI (Gustave), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'Ecole d'application des ingénieurs, 3, via Goito, Turin (Italie).

WALLERANT (F.), maître de conférences à l'École normale supérieure, Paris, 5e.

WATTEVILLE (Charles DE), licencié ès sciences, 96, avenue Victor-Hugo, Paris, 16e.

WICHMANN (Dr A.), professeur à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas).

WINCHELL (N.-H.), géologue de l'État du Minnesota, Minneapolis (États-Unis).

WÜLFING (Dr E.-A.), professeur à l'Université de Tübingen (Wurtemberg).

WYROUBOFF (Grégoire), 20, rue Lacépède, Paris, 5e.

ZUJOVIC (J.-M.), professeur de Géologie à l'École supérieure de Belgrade (Serbie).

Bureau de la Société

(Année 1902).

MM. WYROUBOFF, Président.
L. MICHEL, DE MAUROY, Vice-Présidents.
L. BOURGEOIS, Trésorier.
P. GAUBERT, Secrétaire pour la France.
Ad. RICHARD, Secrétaire pour l'Étranger.
M. BLONDEL, Archiviste.

Membres du Conseil de la Société

(Année 1902).

MM. E. BERTRAND,
Ad. CARNOT,
H. DUFET,
MM. HAUTEFEUILLE,
PAVOT,
P. TERMIER.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 1.

Compte rendu de la séance du 9 janvier 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. le Trésorier pour la lecture de son rapport.

Rapport du Trésorier.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

J'ai l'honneur de vous présenter les comptes de l'année qui vient de s'écouler, arrêtés au 31 décembre dernier :

COMPTES DE L'EXERCICE 1901.

Recettes.

	fr
En caisse au 1er janvier 1901	9 430,53
Cotisations arriérées	760
— de l'année	920,75
— anticipées	45
— à vie	500
Allocation ministérielle	600
Abonnements et vente du *Bulletin*	1 152,90
Rentes sur l'État français 3 % et 3 1/2 %	306,75
Intérêts du compte de chèques à la Société Générale	42,95
Intérêts des sommes déposées à la Caisse nationale d'Épargne, à 2 1/2 %	73,12
TOTAL	13 832,00

Dépenses.

	fr
Bulletin, impression et port	1 686,70
— gravure	568,70
— rédaction et extraits	600
Administration, allocation au garçon de salle	200
— gratifications au concierge et au facteur	22
— frais de bureau	177,40
Bibliothèque, abonnements	234,75
— assurance contre l'incendie	36,80
Achat de 15fr rente 3 % perpétuel	501,52
Société Générale, droits de garde, timbres, etc.	4,60
Solde en caisse au 1er janvier 1902	9 799,53
TOTAL	13 832,00

Notre fonds de réserve, accru cette année de 15fr de rente 3 %, évalué au 31 décembre dernier, se compose des valeurs suivantes :

167fr rente française 3 % perpétuel à 100fr.....	5 566fr,66
151fr rente française 3 1/2 % à 101fr,30.....	4 370,37
TOTAL.....	9 937,03

Ce qui, joint à l'encaisse au 1er janvier 1902, fournit un actif immédiatement réalisable de 19 736fr,56.

Nous avons ensuite l'honneur de vous proposer le projet de budget suivant pour l'année 1902.

PROJET DE BUDGET POUR 1902.

Recettes.

Reprise sur l'encaisse précédente.....	2 882fr
Cotisations.....	1 600
Allocation ministérielle.....	600
Intérêts du fonds de réserve.....	318
Abonnements et vente du *Bulletin*.....	1 200
TOTAL.....	6 600

Dépenses.

Bulletin, impression et port.....	5 000fr
— gravure.....	500
— rédaction et extraits.....	500
Administration, allocation au garçon de salle.....	200
— frais divers.....	200
Bibliothèque, abonnements, reliures, assurances, etc.	200
TOTAL.....	6 600

Le Trésorier,
L. BOURGEOIS.

M. Dufet donne lecture du rapport suivant :

Les membres de la Commission de Comptabilité, MM. L. Cayeux, H. Dufet, L. Gentil, ont examiné les comptes de 1901 et ont constaté leur parfaite régularité. Ils proposent d'adresser les remercîments des membres de la Société à M. le Trésorier.

L. Cayeux, H. Dufet, L. Gentil.

Les remercîments sont votés à l'unanimité.

Il est procédé aux élections pour le renouvellement du Bureau de la Société.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Présidence : M. Wyrouboff, 39 voix; M. de Selle, 6 voix.

Il y a deux bulletins nuls.

En conséquence, M. Wyrouboff est proclamé président.

Vice-présidence : M. Michel obtient 47 voix, M. de Mauroy 36, M. de Gramont 1, M. Pisani 1.

MM. Michel et de Mauroy sont proclamés vice-présidents.

Sont renommés dans leur fonction pour deux ans : M. Bourgeois, trésorier, M. Richard, secrétaire pour l'étranger, et M. Blondel, archiviste.

MM. Bertrand, Dufet et Pavot sont nommés membres du Conseil pour deux ans.

En conséquence, le Bureau de la Société est constitué pour 1902 de la façon suivante :

Président : M. Wyrouboff;
Vice-présidents : MM. Michel et de Mauroy;
Trésorier : M. Bourgeois;
Secrétaires : MM. Gaubert et Richard;
Archiviste : M. Blondel;

Membres du Conseil : MM. E. Bertrand, Ad. Carnot, H. Dufet, Hautefeuille, Pavot, Termier.

Il est procédé à l'élection de trois membres honoraires. MM. Brögger, Groth et Zirkel, ayant obtenu la majorité des voix, sont nommés membres honoraires.

M. le Président proclame membre de la Société M. le docteur Bardet, présenté dans la séance précédente par MM. Pisani et Wyrouboff.

M. le Président annonce une présentation.

Minéraux nouveaux.

Chalmersite. — Ce minéral, décrit comme millerite par Dom Pedro de Saxe-Cobourg, se trouve à Goldmine, Morro Velho, Minas Geraes, où il est associé au quartz, à la dolomie, à la pyrite magnétique, à l'anatase, à la scheelite. Il est rhombique et présente les formes $h^1(100)$, $m(110)$, $g^1(010)$, $p(001)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $a^1(011)$. Les cristaux sont maclés suivant m et $b^{\frac{1}{2}}(112)$ comme dans la chalcosine. Ils sont allongés suivant l'axe vertical, sont de couleur jaune de bronze et magnétiques. Dureté 3,5 et densité 4,68.

De la valeur des angles suivants : $(111)(1\bar{1}1) = 52°29'$ et $(111)(\bar{1}11) = 100°54'$, on tire

$$a : b : c = 0,5734 : 1 : 0,9649.$$

La composition chimique est la suivante :

Fe...	46,95	Cu...	17,04	S...	35,90

Elle est représentée par la formule

$$CuFe^3S^4 = C^2Fe^6S^8 = Cu^2S,\ Fe^6S^7.$$

La chalmersite étant isomorphe avec la chalcosine, il est probable que ce minéral est constitué par un mélange isomorphe de chalcosine Cu^2S et de pyrite magnétique Fe^6S^7. Ce dernier minéral serait donc dimorphe comme l'a déjà annoncé Streng (Hussak, *Centr. f. Min.*, 1902, p. 69).

Anapaïte. — L'anapaïte est en cristaux verdâtres, transparents, isolés ou groupés en faisceaux rayonnés. La densité est 2,81 et la dureté de 3 à 4. Le minéral est triclinique. Les formes observées sont $h^1(100)$, $p(001)$, $t(110)$, $m(1\bar{1}0)$, $d^1(11\bar{1})$. Les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical.

$$(100):(001) = 73°10',$$
$$(100):(110) = 44°55',$$
$$(100):(1\bar{1}0) = 52°20',$$
$$(001):(110) = 48°40',$$
$$(\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}10) = 52°35'.$$

D'où l'on tire

$$a:b:c = 0,87566:1:0,59753. \qquad \beta = 106°47'.$$

La double réfraction est négative. Dans h^1, la trace du plan des axes fait avec l'arête (100) (110) un angle de 15°.

L'indice de réfraction moyen est de 1,5753 pour Na et l'angle des axes optiques est de 127° pour les mêmes rayons.

L'analyse a donné les résultats suivants : FeO, 18,07; CaO, 27,77; P^2O^5, 35,51; H^2O, 18,47. Total, 99,82.

Ils conduisent à la formule $FeCa^2(PO^4)^2 + 4Aq$.

Le minéral se dissout légèrement à froid dans HCl et AzO^3H. Il doit être rapproché de la messelite, dont la composition est représentée par la formule $(Ca, Fe, Mg)^3(PO^4)^2 + 2,5Aq$.

L'anapaïte se trouve dans les mines de fer Scheljesni Rog, près d'Anapa, sur les bords de la mer Noire (Sachs, *Sitz. der k. Akad. der Wiss.*, Berlin; janvier 1902).

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 2.

Séance du 13 février 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société M. le docteur NICOLAU, professeur au Lycée de Jassy, présenté dans la séance précédente par MM. Goldschmidt et Gaubert.

Il annonce une présentation.

M. A. LACROIX offre à la Société le premier fascicule du Tome III de la *Minéralogie de la France et des colonies*. Ce fascicule est consacré à la description des oxydes.

M. CORNU fait la Communication suivante :

Détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal, en grandeur et en direction, par le réfractomètre ;

Par M. A. CORNU.

La détermination des trois indices et des trois axes principaux d'un cristal intéresse au plus haut point l'Optique, la Minéralogie et la Pétrographie.

Cette détermination, longue et difficile lorsqu'on opère par la méthode des prismes (qui exige la taille de faces planes rigoureusement orientées), devient théoriquement très simple lorsqu'on opère par réflexion totale dans un milieu suffisamment réfringent, car une seule face plane, orientée d'une manière quelconque, fournit toutes les données nécessaires.

C'est ce qui résulte des travaux de MM. F. Kohlrausch, Quincke, Liebisch, Brill, Ch. Soret; d'autre part, la construction de réfractomètres (Pulfrich, Abbe) a rendu les observations très pratiques.

La mesure des trois indices principaux est donc devenue particulièrement aisée; mais la détermination des trois directions principales est restée jusqu'ici, du moins à ma connaissance [1], hérissée de calculs inabordables pour la pratique courante.

L'étude géométrique directe de la réflexion totale sur une surface cristalline m'a conduit, pour cette importante application du réfractomètre, à des relations analytiques d'une simplicité inespérée.

Cette étude est fondée sur la construction de la surface de l'onde (indiquée par Fresnel, développée par Ampère et Plücker), qui permet d'obtenir un point et la normale en ce point en partant de l'ellipsoïde dont les axes a, b, c sont les inverses des indices principaux n_x, n_y, n_z :

$$(1) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad \text{avec} \quad n_x = \frac{1}{a} < n_y = \frac{1}{b} < n_z = \frac{1}{c}.$$

La surface de l'onde est le lieu des points obtenus en portant, à partir de l'origine, sur la normale à chaque plan

---

(1) M. Lavenir, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, t. XIV, 1891; p. 100.

diamétral, la longueur des deux axes de la section elliptique déterminée par ce plan dans l'ellipsoïde.

Cette construction revient à faire tourner d'un angle droit chaque axe de la section elliptique autour de l'autre axe. Si, dans cette rotation, on entraîne aussi la normale à l'ellipsoïde au sommet correspondant de l'ellipse, cette normale reste dans le plan de rotation et coïncide avec la normale à la surface d'onde au point ainsi déterminé. On construit donc ainsi, outre le point de la surface, la normale en ce point, c'est-à-dire la normale à l'onde plane tangente en ce point à la surface de l'onde.

Conditions relatives à la réflexion totale. — Pour qu'une onde plane venant d'un milieu extérieur isotrope pénètre à travers une face plane dans l'intérieur d'un cristal, il faut, d'après la construction d'Huygens :

1° Que la normale à l'onde plane réfractée soit dans le plan d'incidence;

2° Que l'on puisse mener, par la trace de l'onde incidente sur la face cristalline, un plan tangent à la surface d'onde du cristal; il faut donc que cette trace ne coupe pas la section de la surface d'onde par la face cristalline : la limite de tangence correspond à la *réflexion totale.*

Donc, pour déterminer les angles et plans d'incidence de réflexion totale sur une face plane cristalline, il suffit de connaître la section de la surface de l'onde par cette face.

Chaque tangente à cette courbe est la normale d'un plan d'incidence, et l'angle de réflexion totale correspondant I est défini par la distance p à l'origine de cette tangente suivant la formule

$$p \sin I = R,$$

R étant l'inverse de l'indice N du milieu extérieur.

On peut ainsi mesurer, dans une série d'azimuts ω_1, ω_2, ω_3, ... autour de la normale $O\mathfrak{N}$ à la face cristalline, les distances p_1, p_2, ... et, par suite, déterminer expérimentalement une courbe $p = f(\omega)$, qui est évidemment la *podaire* de la section de la surface d'onde.

La connaissance de cette podaire définit complètement cette surface, car les coefficients de son équation (qui est du huitième degré) sont des fonctions connues des trois paramètres n_x, n_y, n_z et des angles α, β, λ que la normale à la face cristalline fait avec les axes principaux du système; mais la complexité de ces fonctions en rend l'utilisation presque inabordable.

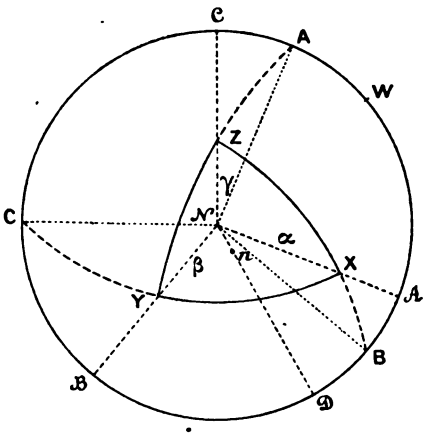
Maxima et minima des angles d'incidence. — L'équation de la podaire devient inutile si l'on se borne à l'observation des maxima et minima des angles de réflexion totale et des azimuts correspondants du plan d'incidence, c'est-à-dire des distances p maxima et minima en grandeur et en direction; la construction des rayons vecteurs de la surface de l'onde permet d'en obtenir directement la valeur.

Il suffit de rappeler la génération de la section plane considérée de la surface d'onde : comme tous ses rayons vecteurs sont dans un même plan, les ellipses génératrices sont des sections de l'ellipsoïde par un plan tournant autour de la normale $O\mathfrak{N}$ à la face cristalline. On aperçoit alors immédiatement trois valeurs présentant un maximum ou un minimum : en effet, aucune ellipse ne peut avoir d'axe plus grand que a ni plus petit que c, par conséquent l'ellipse dont le plan $\mathfrak{N}X_0\mathfrak{L}$ (*fig.* 1) passe par l'axe des x [1] aura nécessairement pour grand axe l'axe maximum a, tourné d'un

[1] La figure représente une projection stéréographique sur le plan ABC de la face cristalline (dont la normale $O\mathfrak{N}$ se projette en $\mathfrak{N}$) des trois plans principaux XY, YZ, ZY de la surface de l'onde.

angle droit autour de son petit axe. Il constituera le rayon vecteur maximum absolu de la section; son azimut $\mathfrak{N}$A normal à $\mathfrak{N}\mathfrak{A}$ sera la trace du plan d'incidence dont l'angle limite I_x fournit l'indice minimum $n_x = \frac{1}{a}$. Il en sera de même pour l'azimut $\mathfrak{N}$C (à angle droit de la projection $\mathfrak{N}\mathfrak{C}$

Fig. 1.



de l'axe z), où l'on observera l'angle limite I_z correspondant à l'indice maximum $n_z = \frac{1}{c}$.

Par raison de symétrie, l'axe moyen b sera aussi l'un des axes d'une section elliptique : il fournira dans l'azimut $\mathfrak{N}$B (à angle droit de $\mathfrak{N}\mathfrak{B}$, projection de l'axe y) un angle limite I_y correspondant à l'indice moyen $n_y = \frac{1}{b}$. Mais cet angle sera, suivant les cas, un maximum ou un minimum.

En résumé, les trois indices principaux n_x, n_y, n_z sont donnés par les incidences I_x, I_y, I_z respectivement observées dans les plans $\mathfrak{N}$A, $\mathfrak{N}$B, $\mathfrak{N}$C, tracés sur la face cristalline des

plans principaux : $\mathfrak{N}$A trace de YZ, $\mathfrak{N}$B de ZX, $\mathfrak{N}$C de XY.

Mais la section plane de la surface d'onde étant une courbe centrée du quatrième degré doit présenter quatre rayons vecteurs alternativement maximum ou minimum en valeur absolue. On doit donc trouver un quatrième plan d'incidence fournissant un angle limite I maximum ou minimum correspondant à un indice intermédiaire ν.

Or, parmi tous les plans diamétraux passant par la normale O$\mathfrak{N}$, il en est un qui se distingue de tous les autres : c'est le plan $\mathfrak{N}\Phi$, qui contient la normale à l'ellipsoïde au point où O$\mathfrak{N}$ coupe la surface : c'est le quatrième plan d'incidence cherché ; car il remplit toutes les conditions requises.

En effet, sa trace $\mathfrak{N}\Phi$ est la normale d'une section elliptique dont un des sommets est en $\mathfrak{N}$, puisque la normale à l'ellipsoïde en $\mathfrak{N}$ se projette suivant O$\mathfrak{N}$: donc O$\mathfrak{N}$ est un axe de l'ellipse. La rotation autour de l'autre axe, s'effectuant dans le plan $\mathfrak{N}\Phi$, entraîne dans ce plan la normale à l'ellipsoïde, qui devient la normale à la surface d'onde au point de la section plane que cette construction détermine. La normale en ce point se projette donc sur la section plane suivant la direction $\mathfrak{N}\Phi$; donc le rayon vecteur ayant pour longueur O$\mathfrak{N}$ (diamètre de l'ellipsoïde normal à la surface cristalline) est maximum ou minimum : C. Q. F. D.

Le quatrième plan d'incidence $\mathfrak{N}\Phi$ s'obtiendra donc sur la projection stéréographique en joignant par un grand cercle $\mathfrak{N}$ au point n représentatif de la direction de la normale à l'ellipsoïde au point $\mathfrak{N}$ et prolongeant jusqu'en Φ, plan de la surface cristalline.

Les observations au réfractomètre fournissent les azimuts A, B, C, Φ et, dans chacun d'eux, les angles limites I_x, I_y, I_z, I.

Calcul des trois indices et vérification. — Le calcul des indices n'exige que la détermination des angles de réflexion totale.

Si l'on désigne par N l'indice de réfraction du milieu extérieur, on a

$$(2)\quad n_x = N \sin I_x, \qquad n_y = N \sin I_y, \qquad n_z = N \sin I_z, \qquad \nu = N \sin I.$$

Il se présente une ambiguïté entre n_y et ν, intermédiaires entre n_x et n_z. On la lève aisément si l'on connaît les angles α, β, γ que fait la normale $\mathfrak{N}$ à la face cristalline avec les trois axes x, y, z.

En effet, le rayon vecteur r de l'ellipsoïde (1) suivant la direction $O\mathfrak{N}$ est précisément celui de la section de la surface d'onde dans l'azimut $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$: l'inverse de ce rayon vecteur est égal à l'indice calculé ν.

Or, on a, pour le point $\mathfrak{N}$,

$$x = r\cos\alpha, \qquad y = r\cos\beta, \qquad z = r\cos\gamma,$$

d'où

$$\left(\frac{\cos^2\alpha}{a^2} + \frac{\cos^2\beta}{b^2} + \frac{\cos^2\gamma}{c^2}\right) = \frac{1}{r^2}$$

ou

$$(3)\qquad \nu^2 = n_x^2\cos^2\alpha + n_y^2\cos^2\beta + n_z^2\cos^2\gamma,$$

relation qui permet de calculer ν^2, de lever l'ambiguïté [1] et d'obtenir une précieuse vérification.

Calcul des trois directions principales. — Si l'on ne connaît pas les trois directions principales, c'est-à-dire l'orientation des axes OX, OY, OZ, on pourra les déduire de l'observation des azimuts A, B, C, $\mathfrak{D}$ rapportés dans le plan de la face cristalline à une orientation cristallographique quelconque $\mathfrak{N}$ W.

---

[1] Pratiquement, on la lève en répétant les observations sur une autre face cristalline : sur les quatre indices calculés, trois reproduisent les valeurs déjà obtenues n_x, n_y, n_z; les deux non identifiables sont ν et ν', qui dépendent de $\alpha\beta\gamma$ ou $\alpha'\beta'\gamma'$.

Les formules suivantes résolvent le problème de plusieurs manières.

Connaissant les azimuts A, B, C, on en déduit les angles α, β, γ que fait la normale à la face $\mathfrak{N}$ avec les trois axes OX, OY, OZ

$$(4) \quad \cot^2\alpha = -\frac{\cos\widehat{AB}\cos\widehat{AC}}{\cos\widehat{BC}} \quad \text{ou} \quad \cos^2\alpha = \cot\widehat{AB}\cot\widehat{CA}$$

et les deux autres par permutation tournante.

On vérifie le calcul en remarquant que

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1.$$

L'orientation cristallographique des trois axes est alors complètement définie, puisqu'on suppose connue l'origine des azimuts A, B, C par rapport à une direction de repère $\mathfrak{N}$ W.

Il importe également de déterminer l'azimut $\mathfrak{N}\Omega$ du plan d'incidence du quatrième indice : on obtient la valeur des angles $\widehat{A\Omega}$, $\widehat{B\Omega}$, $\widehat{C\Omega}$ par des expressions de la forme

$$(5) \quad \operatorname{tang}\widehat{A\Omega} = \frac{\cos\alpha}{\cos\beta\cos\gamma}\,\frac{n_x^2 - \nu^2}{n_y^2 - n_z^2} = \operatorname{tang}\widehat{BC}\,\frac{n_x^2 - \nu^2}{n_y^2 - n_z^2}.$$

Ces formules tombent en défaut quand la normale $\mathfrak{N}$ à la face utilisée coïncide avec l'un des plans principaux. L'un des facteurs $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ devient nul, ce dont on est prévenu par la rectangularité ou l'égalité de certains azimuts A, B, C, Ω. Mais alors le problème est beaucoup plus simple : l'expression (3) du quatrième indice suffit pour déterminer la position de la normale $\mathfrak{N}$ dans le plan de ces axes.

Je me suis assuré, par de nombreuses observations au réfractomètre Abbe sur divers cristaux, que ces formules sont exactes à l'ordre d'approximation corrélative de celle des données expérimentales. J'ai opéré le plus souvent sur de beaux cristaux clinorhombiques d'acide tartrique du com-

merce qui présentent une biréfringence considérable, condition nécessaire pour une vérification efficace des formules.

Je réserve pour un Mémoire ultérieur la démonstration de ces formules et leurs vérifications numériques (*voir* p. 23).

Démonstration et usage des formules relatives au réfractomètre;

Par M. A. Cornu.

Les formules données précédemment (p. 13 et 14) pour la détermination complète en grandeur et en direction des paramètres optiques d'un cristal peuvent être établies d'une manière assez simple.

Le premier groupe (4) est purement géométrique : il fournit les angles α, β, γ, que la normale $\mathfrak{N}$ à la face cristalline (*fig.* 1) fait avec les trois axes principaux X, Y, Z, indépendamment de la grandeur des paramètres $\left(a = \frac{1}{n_x},\ b = \frac{1}{n_y},\ c = \frac{1}{n_z}\right)$ de l'ellipsoïde qui caractérise la surface de l'onde lumineuse dans le cristal.

Le second groupe (5), au contraire, dépend essentiellement de ces paramètres en grandeur et en direction, ainsi que la formule (3) établie au cours de l'analyse du phénomène.

Premier groupe. — La projection stéréographique ci-après fournit immédiatement les triangles sphériques qui lient les angles inconnus α, β, γ aux données de l'observation : ces données sont les azimuts $\mathfrak{N}$A, $\mathfrak{N}$B, $\mathfrak{N}$C des trois plans de réflexion dans lesquels on a mesuré les incidences qui ont fourni respectivement les indices n_x, n_y, n_z.

La normale $\mathfrak{N}$ à la face réfléchissante (supposée dans l'in-

térieur du trièdre trirectangle des axes, comme sur la figure, hypothèse que l'on peut toujours faire) est le sommet des trois triangles rectilatères $X\mathfrak{N}Y$, $Y\mathfrak{N}Z$, $Z\mathfrak{N}X$ dont les côtés communs sont précisément les arcs α, β, γ : les angles en $\mathfrak{N}$ ont pour mesure les arcs $\widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}$, $\widehat{\mathfrak{B}\mathfrak{C}}$, $\widehat{\mathfrak{C}\mathfrak{A}}$ respectivement égaux aux arcs $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CA}$ comme tournés *dans le même sens* de 90°. (Il n'en serait pas ainsi dans le cas où $\mathfrak{N}$ serait en dehors du triangle XYZ.) Ainsi dans $X\mathfrak{N}B$ on a la relation

$$0 = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta\cos\widehat{AB},$$

d'où l'on tire $\cos AB$ et les deux autres cosinus analogues, par permutation tournante, car la permutation s'applique dans le même sens à l'ordre de succession des points ABC : XYC, YZA, ZXB. Il vient donc :

$$\cos\widehat{AB} = -\cot\alpha\cot\beta,$$

$$\cos\widehat{BC} = -\cot\beta\cot\gamma,$$

$$\cos\widehat{CA} = -\cot\gamma\cot\alpha.$$

Divisons la seconde équation par le produit des deux autres; il vient

$$(4_a) \qquad \tang^2\alpha = -\frac{\cos\widehat{BC}}{\cos\widehat{AB}\cos\widehat{CA}}.$$

C'est la première formule du groupe (4) (p. 14).

Les trois angles $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CA}$ ayant entre eux la relation

$$\widehat{AB} + \widehat{BC} + \widehat{CA} = 360°,$$

on peut éliminer l'un d'eux dans la formule (4_a), par exemple $\widehat{BC}$,

$$\cos\widehat{BC} = \cos\left(\widehat{AB} + \widehat{CA}\right).$$

Substituant et réduisant, il vient [1]

$$(4b)\qquad \begin{cases} \cos^2\alpha = \cot\widehat{AB}\cot\widehat{CA}, \\ \cos^2\beta = \cot\widehat{BC}\cot\widehat{AB}, \\ \cos^2\gamma = \cot\widehat{CA}\cot\widehat{BC}, \end{cases}$$

valeurs qui satisfont d'elles-mêmes à la condition

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1.$$

Ces formules, purement géométriques, sont théoriquement à l'abri de toute difficulté dans leur emploi : mais, en pratique, l'incertitude inévitable que présente la détermination de l'azimut d'un maximum ou d'un minimum amène parfois des embarras dont il faut être prévenu.

Ainsi, il peut arriver que les données de l'observation substituées dans les formules ($4b$) conduisent à des valeurs négatives pour les carrés des cosinus, c'est-à-dire à des solutions imaginaires pour les angles α, β, γ. Or, d'après la nature du problème, ces valeurs sont nécessairement réelles [2] : il faut

---

[1] On peut, par une simple construction géométrique, obtenir ces angles α, β, γ, c'est-à-dire déduire directement les points X, Y, Z des points A, B, C, en superposant à la projection stéréographique une projection orthogonale auxiliaire sur le plan de la face cristalline qui est ici le plan de la figure. On sait, en effet, que la projection orthogonale du sommet d'un trièdre trirectangle sur un plan qui coupe ses trois arêtes est le point de concours des trois hauteurs du triangle, intersection des trois faces avec le plan sécant. On reconnaît aisément que les trois côtés de ce triangle sont parallèles aux directions $\mathfrak{N}$A, $\mathfrak{N}$B, $\mathfrak{N}$C et les trois hauteurs à $\mathfrak{N}\mathfrak{A}$, $\mathfrak{N}\mathfrak{B}$, $\mathfrak{N}\mathfrak{C}$.

Prenant le point $\mathfrak{N}$ comme point de concours des trois hauteurs $\mathfrak{N}\mathfrak{A}$, $\mathfrak{N}\mathfrak{B}$, $\mathfrak{N}\mathfrak{C}$ d'un triangle de dimension arbitraire, on est conduit à un trièdre dont on construit tous les éléments angulaires par des rabattements évidents.

[2] La construction géométrique précitée en donne la preuve : la construction du triangle auxiliaire dont les directions des trois hauteurs sont données est toujours possible et d'une seule manière.

donc que les trois cotangentes soient de même signe; par suite, les angles $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CA}$ ramenés entre 0° et 90° par addition ou soustraction de 180° doivent aussi être de même signe. Cette condition fournit un contrôle qualitatif de l'exactitude des observations; si elle n'est pas remplie, c'est qu'il s'est glissé quelque erreur; il y a lieu alors de reviser les observations et, au besoin, de recommencer les mesures jusqu'à ce que les azimuts satisfassent à la condition de réalité du cosinus.

Il y a cependant un cas où l'on n'y parvient pas d'une manière satisfaisante à cause de l'incertitude des observations. C'est celui où certaines différences d'azimut sont très voisines de 90°; alors une petite erreur dans les mesures peut rendre un angle plus petit ou plus grand que 90° et, par conséquent, faire passer la cotangente du signe positif au négatif. Mais on est averti par là du fait que la face cristalline utilisée est presque parallèle à l'un des axes principaux : les valeurs des produits des cotangentes sont indéterminées; dès lors cette face, bien que susceptible de fournir les trois indices principaux, est, par son orientation, impropre à la détermination précise des trois directions principales, du moins à l'aide des formules (4b).

On est alors amené à supposer que, au moins comme première approximation, l'un des angles α, β, γ, par exemple α, est égal à 90° exactement; et, par suite, $\cot \alpha = 0$.

Il reste la relation

$$\cos^2 \beta' + \cos^2 \gamma' = 1 \qquad \text{ou} \qquad \beta' + \gamma' = 90^\circ.$$

On utilise alors la valeur du quatrième indice ν pour la détermination de β', laquelle demeure la seule inconnue.

L'équation

$$(2) \qquad \nu^2 = n_\alpha^2 \cos^2 \alpha + n_\beta^2 \cos^2 \beta + n_\gamma^2 \cos^2 \gamma$$

peut en effet se mettre sous la forme

$$\nu^2(\cos^2\beta' + \sin^2\beta') = n_y^2 \cos^2\beta' + n_z^2 \sin^2\beta',$$

d'où l'on tire

$$\tang^2\beta' = \frac{\nu^2 - n_z^2}{n_y^2 - \nu^2};$$

expression [1] qui achève de déterminer l'orientation de la normale à la face cristalline dans l'hypothèse où cette face est rigoureusement parallèle à l'axe OY ($\alpha = 90°$, $\beta = \beta'$, $\gamma' = 90° - \beta'$).

En général, l'hypothèse $\alpha = 90°$ ne sera qu'approchée et, bien que la valeur de β' soit plus exacte qu'on ne pourrait le penser, la conclusion qu'on tirera de ces mesures sera la nécessité de recourir à une autre face cristalline orientée dans une direction plus favorable, afin d'obtenir des données meilleures et une vérification des résultats obtenus. Lorsqu'on est maître de choisir cette orientation, on prend, pour $O\mathfrak{N}$, la direction qui fait, avec les axes OX, OY, OZ (supposés connus approximativement), des angles sensiblement égaux.

Remarques. — En dehors du cas particulier qui vient d'être signalé, on ne rencontre pas, en général, d'autre difficulté que l'ambiguïté existant entre l'indice moyen n_y et le quatrième indice ν.

Dans ce qui précède, on l'a supposée levée par des considérations étrangères aux mesures; mais cette ambiguïté n'entraîne d'autre inconvénient que celui d'un calcul supplémentaire. En effet, si l'on n'a aucun motif de distinguer n_y de ν, on considère arbitrairement l'un des deux indices comme n_y et, à l'aide des trois azimuts correspondant aux trois indices n_x,

---

[1] Étant homogène par rapport à n_y, n_z et ν, la valeur de β' est indépendante de la valeur de l'indice de réfraction de la substance réfringente auxiliaire des réfractomètres.

n_y, n_z adoptés, on calcule les angles α, β, γ. Si le choix est bon, l'équation (3) vérifiera la valeur du quatrième indice considéré comme représentant ν; sinon on intervertira n_y et ν, B et $\mathfrak{D}$, et l'on recommencera le calcul de α, β, γ : la vérification de (3) devra alors être satisfaisante.

Second groupe. — Le second groupe de formules (5) est destiné à fournir des vérifications en utilisant les données relatives au quatrième indice dont on mesure d'une part la grandeur ν, d'autre part l'azimut $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$ du plan de réflexion où on l'observe.

L'équation (3), déjà employée, doit être rangée dans ce groupe, bien qu'elle ait été établie directement, car elle constitue aussi une relation de contrôle entre les indices n_x, n_y, n_z, ν et les angles α, β, γ.

Celles qu'il reste à démontrer se rapportent aux azimuts $\mathfrak{N}$A, $\mathfrak{N}$B, $\mathfrak{N}$C et $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$: la définition géométrique de la surface de l'onde déduite de l'ellipsoïde établit entre eux des relations qui permettent de calculer les angles A$\mathfrak{N}\mathfrak{D}$, B$\mathfrak{N}\mathfrak{D}$, C$\mathfrak{N}\mathfrak{D}$.

La démonstration de ces formules se réduit à calculer les cosinus directeurs des diverses directions nécessaires pour obtenir l'expression des angles qu'elles font entre elles. Ce calcul un peu laborieux n'offre, d'ailleurs, aucune difficulté.

Direction $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$. — D'après l'analyse du phénomène (p. 10), l'azimut $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$ est la trace du plan qui passe par la normale n à l'ellipsoïde au point où la normale $\mathfrak{N}$ à la face réfléchissante rencontre cette surface.

Calculons d'abord les cosinus directeurs ξ', η', ζ' de la normale $\mathfrak{N}\mathfrak{D}'$ à ce plan (non tracée sur la figure) rapportée aux axes X, Y, Z.

Ils sont déterminés par les trois conditions

$$\xi'^2 + \eta'^2 + \zeta'^2 = 1, \quad \xi'\alpha + \eta'\beta + \zeta'\gamma = 0, \quad \xi'\frac{\alpha}{a^2} + \eta'\frac{\beta}{b^2} + \zeta'\frac{\gamma}{c^2} = 0$$

qui expriment, outre la rectangularité des axes, que $\mathfrak{N}\mathfrak{D}'$ est normale à $\mathfrak{N}$ et à n (on a remplacé, pour abréger l'écriture, $\cos\alpha$, ... par α, β, γ); d'où l'on tire

$$(\mathfrak{D}') \qquad \frac{\xi'}{\beta\gamma(n_z^2 - n_y^2)} = \frac{\eta'}{\gamma\alpha(n_x^2 - n_z^2)} = \frac{\zeta'}{\alpha\beta(n_y^2 - n_x^2)} = \frac{1}{\mathfrak{R}}.$$

expressions où les carrés des indices principaux remplacent les inverses des carrés des axes de l'ellipsoïde.

D'après les relations bien connues entre les neuf cosinus d'un trièdre trirectangle, on écrira immédiatement les cosinus directeurs ξ, η, ζ de la trace $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$ du plan $\mathfrak{N}n$ sur le plan de la face cristalline, car elle forme un trièdre trirectangle avec $\mathfrak{N}(\alpha, \beta, \gamma)$ et $\mathfrak{D}'(\xi', \eta', \zeta')$

$$\xi = \beta\zeta' - \gamma\eta', \qquad \eta = \gamma\xi' - \alpha\zeta', \qquad \zeta = \alpha\eta' - \beta\xi'.$$

Après substitution et réduction en ayant égard à l'équation (3), on trouve

$$(\mathfrak{D}) \qquad \frac{\xi}{\alpha(v^2 - n_x^2)} = \frac{\eta}{\beta(v^2 - n_y^2)} = \frac{\zeta}{\gamma(v^2 - \eta_z^2)} = \frac{1}{\mathfrak{R}},$$

le radical $\mathfrak{R}$ étant évidemment le même que pour $\mathfrak{D}'(\xi', \eta', \zeta')$.

Directions $\mathfrak{N}A$, $\mathfrak{N}B$, $\mathfrak{N}C$. — Calculons par exemple les cosinus directeurs de $\mathfrak{N}A(X_a, Y_a, Z_a)$, les autres s'obtiendront par permutation tournante. $\mathfrak{N}A$ est la normale au plan qui passe par $\mathfrak{N}(\alpha, \beta, \gamma)$ et par l'axe $OX(1, 0, 0)$: d'où les trois conditions

$$X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2 = 1, \qquad X_a\alpha + Y_a\beta + Z_a\gamma = 0, \qquad X_a = 0,$$

d'où

$$\frac{X_a}{0} = \frac{Y_a}{\gamma} = \frac{Z_a}{-\beta} = \frac{1}{\sqrt{\beta^2 + \gamma^2}}.$$

On en conclut

$$(A) \qquad X_a = 0, \qquad Y_a = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta^2 + \gamma^2}}, \qquad Z_a = \frac{-\beta}{\sqrt{\beta^2 + \gamma^2}}.$$

Calcul des angles $\widehat{A\mathfrak{D}}$, $\widehat{B\mathfrak{D}}$, $\widehat{C\mathfrak{D}}$. — On a évidemment, à l'aide des valeurs calculées ci-dessus,

$$\cos\widehat{A\mathfrak{D}} = \xi X_a + \eta Y_a + \zeta Z_a = \frac{\beta\gamma(n_z^2 - n_y^2)}{\mathfrak{R}\sqrt{\beta^2+\gamma^2}}.$$

Le radical $\mathfrak{R}$ est compliqué et se prête mal au calcul numérique. On tourne cette difficulté en utilisant $\cos A\mathfrak{D}'$ qui est égal et de signe contraire à $\sin A\mathfrak{D}$, puisque $\mathfrak{N}\mathfrak{D}$ et $\mathfrak{N}\mathfrak{D}'$ sont rectangulaires et que $\widehat{A\mathfrak{D}}$ et $\widehat{A\mathfrak{D}'}$ doivent être comptés dans le même sens que $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$ et $\widehat{CA}$,

$$-\sin\widehat{A\mathfrak{D}} = \xi' X_a + \eta' Y_a + \zeta' Z_a = \frac{\alpha(n_x^2 - \nu^2)}{\mathfrak{R}\sqrt{\beta^2+\gamma^2}}.$$

Divisant membre à membre, il vient, après avoir remis $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ au lieu de α, β, γ,

$$(5_a) \qquad \operatorname{tang}\widehat{A\mathfrak{D}} = \frac{\cos\alpha}{\cos\beta\cos\gamma}\,\frac{\nu^2 - n_x^2}{n_z^2 - n_y^2}.$$

et les deux autres expressions analogues de $\widehat{B\mathfrak{D}}$, $\widehat{C\mathfrak{D}}$.

On les simplifie encore en remplaçant les cosinus par leur valeur tirée de (4_b)

$$(5_b) \qquad \left\{\begin{aligned} \operatorname{tang}\widehat{A\mathfrak{D}} &= \operatorname{tang}\widehat{BC}\,\frac{n_x^2 - \nu^2}{n_y^2 - n_z^2},\\ \operatorname{tang}\widehat{B\mathfrak{D}} &= \operatorname{tang}\widehat{CA}\,\frac{n_y^2 - \nu^2}{n_z^2 - n_x^2},\\ \operatorname{tang}\widehat{C\mathfrak{D}} &= \operatorname{tang}\widehat{AB}\,\frac{n_z^2 - \nu^2}{n_x^2 - n_y^2},\end{aligned}\right.$$

expressions très simples qui fournissent un contrôle précieux de l'ensemble des paramètres optiques du cristal, car les trois angles calculés ci-dessus ont été directement observés. La valeur de ν est celle qui est calculée par l'équation (3) et non la valeur observée.

Pour achever la détermination de la constitution optique du cristal, il reste à définir l'orientation des trois axes X, Y, Z, par rapport aux axes cristallographiques. Or la direction de repère $\mathfrak{N}$W observée en même temps que $\mathfrak{N}$A, $\mathfrak{N}$B, $\mathfrak{N}$C permet d'opérer ce raccordement, car l'orientation cristallographique de la face $\mathfrak{N}$ est supposée connue ainsi que $\mathfrak{N}$W. Il ne reste plus alors à effectuer que des calculs familiers aux cristallographes.

Exemple numérique. — L'acide tartrique droit qu'on trouve dans le commerce en gros cristaux clinorhombiques hémièdres se prête très bien à l'application des théories exposées ci-dessus : les trois indices sont assez différents entre eux pour permettre des vérifications concluantes; de plus les cristaux sont relativement faciles à tailler et à polir (¹). Ils réuniraient toutes les conditions désirables si les faces naturelles étaient plus régulières. Toutefois le clivage facile *p* et les faces *e'* presque toujours bien développées offrent des repères cristallographiques suffisants.

Je citerai comme exemple de l'emploi des formules précitées les calculs numériques relatifs aux mesures effectuées sur une face artificielle $\mathfrak{N}$ représentant approximativement *d'*.

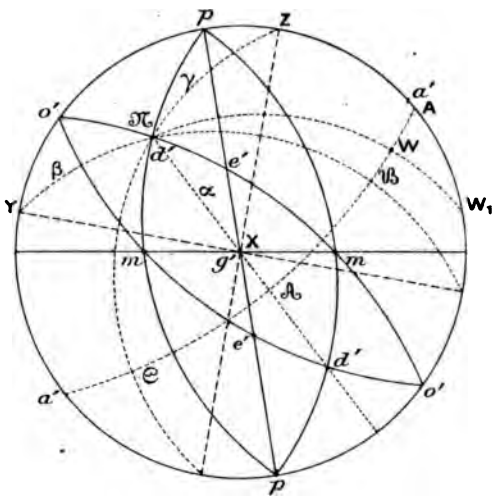
Données cristallographiques. — La projection stéréographique ci-contre (*fig.* 2) résume les angles relevés sur des cristaux assez médiocres; leurs valeurs s'accordent à peu près avec celles de Rammelsberg, La Provostaye et Pasteur.

(¹) On taille à la lime la facette orientée dans la direction choisie ; en la frottant sur un verre doucl légèrement humecté par l'haleine on la rend bien plane ; on la frotte ensuite sur une peau de chamois très fine tendue sur une glace et humide de pétrole, puis sur une autre à sec. On arrive en quelques minutes à un poli très satisfaisant. (*Voir* F. Kohlrausch *Wied. Annalen*, t. VI, p. 86. — Fr. Louis Perrot, *Arch. de Genève*, 3e période, t. XXI.

Faces naturelles.	Face artificielle.
$pm = 83^\circ\ 0'$	$\mathfrak{N}m = 43^\circ 57'$
$pe' = 51.50$	$\mathfrak{N}p = 39.6$
$mo' = 54.50$	
$e'o' = 63.59$	$\mathfrak{N}m - \mathfrak{N}p = 80^\circ 3'$ $pm = 83^\circ 0'$
$me' = 51.\ 5$ obs. $50^\circ 40'$	

Données optiques. — D'après diverses mesures assez concordantes, la bissectrice aiguë Z est dans le plan de la figure $o'pa'$

Fig. 2.



et fait du côté de a' un angle de $18^\circ 15'$ avec la normale p (clivage facile) : l'axe X d'élasticité optique coïncide avec g^1 : le trièdre XYZ de la figure 1 est donc représenté sur la figure 2 par les mêmes lettres. En traçant les grands cercles $\mathfrak{N}$X, $\mathfrak{N}$Y, $\mathfrak{N}$Z jusqu'à la rencontre du cercle dont $\mathfrak{N}$ est le pôle, on obtient les points $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ de la figure 1. En portant dans le même sens des arcs de 90° à partir de ceux-ci, on obtient les points ABC qui déterminent les trois plans d'incidence où l'angle de

réflexion totale mesure les trois indices principaux n_x, n_y, n_z. Le point A seul a été figuré pour éviter la confusion.

Dix séries d'observations faites avec un réfractomètre Abbe-Pulfrich, sur divers cristaux pendant l'année 1901, m'ont donné comme valeurs assez concordantes, mais notablement variables avec la température [1], les chiffres suivants (lumière jaune de la soude, température moyenne 20°C.) :

$$n_x = 1,49606, \qquad n_y = 1,53593, \qquad n_z = 1,60554;$$

le dernier chiffre est très douteux, la précision ne dépassant guère une unité de la quatrième décimale.

On en déduit, pour l'angle intérieur 2V et pour l'angle extérieur 2E des axes optiques,

$$2V = 77°9'34'' \text{ calculé}, \qquad 2E = 156°35'42'',$$
$$77°4' \quad \text{observé dans la benzine.}$$

Observations sur la facette $\mathfrak{N}$ *précitée* (cristal F). — Les mesures du 11 février 1902 ont donné les résultats suivants (moyenne de deux groupes d'observations faites à 180° en azimut) :

Incidence maximum ou minimum de réflexion totale.	Azimut correspondant (origine arbitraire).
$I_x = 52°.20'.45''$	$A = 169°.13'$
$I_y = 54.22.15$	$B = 232.38$
$I_z = 58.11.30$	$C = 282.53$
$I = 55.13.20$	$\Phi = 212.28$

[1] La bromonaphtaline employée comme liquide réfringent peut servir à déterminer approximativement la température du cristal; il suffit d'observer le bord extrême des franges d'Herschell qui forment la limite du champ de la réflexion totale. Cette mesure de l'incidence (qui fournit l'indice relatif de la bromonaphtaline et du flint de la demi-sphère), diminue avec la température d'environ 2',45 par degré centigrade, valeur qui fixe au moins à 0°,2 la variation de la température moyenne des milieux réfringents.

d'où l'on conclut

$$\widehat{AB} = B - A = 63^\circ 25' \qquad \widehat{A\mathfrak{D}} = \mathfrak{D} - A = +43^\circ 15'$$

$$\widehat{BC} = C - B = 50^\circ 15' \qquad \widehat{B\mathfrak{D}} = \mathfrak{D} - B = -20^\circ 10'$$

$$\widehat{CA} = A - C = 56^\circ 20' - 180^\circ \qquad \widehat{C\mathfrak{D}} = \mathfrak{D} - C = -70^\circ 25'$$

L'identité des signes des angles $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CA}$ ramenés entre 0° et 90° montrent que ces valeurs sont compatibles et peuvent servir au calcul des angles $\alpha\beta\gamma$.

Calcul des indices n_x, n_y, n_z, ν. — L'indice N du flint lourd qui constitue la demi-sphère auxiliaire a été déterminé de plusieurs manières : la variation de cet indice avec la température a paru négligeable eu égard aux autres causes d'erreur des observations : la valeur adoptée pour la lumière jaune de la soude est $N = 1,89017$.

On a

$$n = N \sin I \qquad \log N = 0,27650$$

On trouve aisément (la température était de 7°, 75)

$$n_x = 1,49647 \qquad n_y^2 = 1,5637 \qquad n_z = 1,60630 \qquad \nu = 1,55260.$$

$$n_x^2 = 2,23945 \qquad n_y^2 = 2,36035 \qquad n_z^2 = 1,58025 \qquad \nu^2 = 2,41400.$$

Calcul des angles α, β, γ, d'après les formules (4b) :

$$\log \cot \widehat{AC} = \bar{1},64175$$
$$\log \cot \widehat{BA} = \bar{1},69932$$
$$\log \cot \widehat{CB} = \bar{1},91996$$
$$\log \cot \widehat{AC} = \bar{1},64175$$

$$\log \cos^2\alpha = 1,34107 \qquad \cos^2\alpha = 0,219315 \qquad \alpha = 62^\circ\ 4'$$
$$\log \cos^2\beta = 1,61928 \qquad \cos^2\beta = 0,416180 \qquad \beta = 49^\circ 49'$$
$$\log \cos^2\gamma = 1,56171 \qquad \cos^2\gamma = 0,364510 \qquad \gamma = 52^\circ 55'$$
$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1,000005$$

La vérification de la relation entre les 3 cosinus est parfaite : mais elle ne prouve rien sur la précision des mesures : elle montre seulement que les cotangentes des angles sont exactes.

Calcul du quatrième indice ν *d'après l'équation* (3):

$$\left.\begin{array}{l} n_x^2 \cos^2\alpha = 0,49114 \\ n_y^2 \cos^2\beta = 0,98234 \\ n_z^2 \cos^2\gamma = 0,94052 \end{array}\right\} \nu^2 = 2,41400 \qquad \begin{array}{l} \nu = 1,5537 \text{ calc.} \\ \nu = 1,5526 \text{ obs.} \\ \text{obs.} - \text{calc...} \quad -0,0011 \end{array}$$

L'erreur de vérification de la valeur de ν est beaucoup plus grande que dans la plupart des séries analogues; mais j'ai conservé cet exemple pour donner une idée des difficultés qu'on rencontre parfois.

Cette erreur, qui d'ordinaire n'atteint que trois ou quatre unités de la quatrième décimale, pourrait faire supposer qu'il y a eu confusion entre la valeur de ν et celle de n_y: on verra plus loin qu'en effectuant l'inversion la concordance n'est pas meilleure. Il y a eu quelque erreur dans l'observation de l'angle de réflexion totale (le rideau obscur manque parfois de netteté dans certains azimuts) ou dans l'azimut du minimum de cet angle d'incidence.

C'est une occasion de montrer que le meilleur contrôle du bon choix de l'indice moyen est celui qui résulte du calcul théorique des azimuts relatifs des plans d'incidence.

Calcul des azimuts relatifs $\widehat{A\Omega}$, $\widehat{B\Omega}$, $\widehat{C\Omega}$ *par les formules* (5_b). — Les valeurs de n_x^2, n_y^2, n_z^2 étant connues et celle de ν^2 venant d'être calculée $\nu^2 = 0,21400$ (car c'est la valeur calculée de ν^2 et non la valeur observée qui entre dans les formules) on en déduit:

$$\begin{array}{ll} n_x^2 - n_y^2 = -0,12090 & n_z^2 - \nu^2 = +0,17455 \\ n_y^2 - n_z^2 = -0,21990 & n_y^2 - \nu^2 = +0,05365 \\ n_z^2 - n_x^2 = +0,34080 & n_z^2 - \nu^2 = -0,16625 \end{array}$$

Les logarithmes de $\cot\widehat{BC}$, $\cot\widehat{CA}$, $\cot\widehat{AB}$ ayant déjà été obtenus précédemment, on a tous les éléments nécessaires

pour calculer $\widehat{A\Phi}$, $\widehat{B\Phi}$, $\widehat{C\Phi}$ et les comparer aux valeurs observées données ci-dessus.

$\log \operatorname{tang} \widehat{BC} = 0{,}08004$	$\log \operatorname{tang} \widehat{CA} = 0{,}35825$	$\log \operatorname{tang} \widehat{AB} = 0{,}30068$
$\log(n_x^2 - \nu^2) = \bar{1}{,}24192\, n$	$\log(n_y^2 - \nu^2) = \bar{2}{,}72957\, n$	$\log(n_z^2 - \nu^2) = \bar{1}{,}22076$
$-\log(n_y^2 - n_z^2) = 0{,}65777\, n$	$-\log(n_z^2 - n_x^2) = 0{,}46750$	$-\log(n_x^2 - n_y^2) = 0{,}91757$
$\log \operatorname{tang} \widehat{A\Phi} = \bar{1}{,}97973$	$\log \operatorname{tang} \widehat{B\Phi} = \bar{1}{,}55532\, n$	$\log \operatorname{tang} \widehat{C\Phi} = 0{,}43901$
$\widehat{A\Phi} = +\ 43°40'$ calc.	$\widehat{B\Phi} = -\ 19°45'$	$\widehat{C\Phi} = -\ 70°0'$
$43°15'$ obs.	$-\ 20°10'$	$-\ 70°25'$
obs. — calc... $-\ 25'$	obs. — calc... $-\ 25'$	obs. — calc. $-\ 25'$

La concordance est ici très satisfaisante, ce qui tend à prouver que l'erreur d'observation porte plutôt sur l'incidence I de réflexion totale correspondant à ν que sur les azimuts ABC [1].

---

[1] Cette vérification suffirait donc (en dehors de la connaissance préliminaire de n_y) à montrer que l'indice moyen adopté est bien choisi. Si l'on veut en avoir la preuve directe, on n'a qu'à recommencer les calculs en intervertissant B et Φ, n_y et ν, qui deviennent respectivement $\Phi'B'$, ν' et n'_y.

$$\alpha' = 62°4', \qquad \beta' = 49°49', \qquad \gamma' = 52°55'.$$

La valeur calculée

$$\nu'^2 = n_x^2 \cos\alpha' + n_y'^2 \cos\beta + n_z^2 \cos^2\gamma' = \ldots$$

donne

$$\nu' = 1{,}53583 \text{ calculé}$$
$$\nu' = 1{,}53637 \text{ observé}$$
$$\text{Obs.} - \text{calc.} = 0{,}00104$$

La différence observée — calculée est sensiblement la même que dans le premier système de valeurs et dépasse aussi l'erreur ordinaire de ce genre de contrôle.

Mais le second critérium est tout à fait décisif ; les azimuts relatifs calculés de $\widehat{A\Phi'}$, $\widehat{B'\Phi'}$, $\widehat{C\Phi'}$ ne s'accordent plus du tout avec les valeurs observées

$A\Phi' = 180° + 11°19'$ calculé	$B'\Phi = 18°35'$ calculé	$C\Phi' = 180 + 50°24'$
$-\ 116°35$ observé	$20°10'$ observé	$-\ 50°15'$

La différence observée — calculée est exactement la même pour les trois directions, puisque dans le calcul des azimuts relatifs $\widehat{A\mathfrak{D}}$, $\widehat{B\mathfrak{D}}$, $\widehat{C\mathfrak{D}}$ entrent les angles déjà employés $\widehat{AB}$, $\widehat{BC}$, $\widehat{CA}$ et que la seule erreur qui puisse se présenter c'est celle qui porte sur l'origine commune, c'est-à-dire sur la direction $\mathfrak{D}$.

Orientation cristallographique des axes d'élasticité optique. — Le cristal F se prêtait mal par sa forme et sa grosseur à la détermination de l'azimut cristallographique W indiqué plus haut. Néanmoins j'ai pu conclure que l'arête $e'e^1$ projetée sur le plan de la facette $\mathfrak{M}$ était sensiblement parallèle au plan du limbe pour l'azimut 155°42′ compté à partir de la même origine arbitraire que ABC. On la reporte aisément sur le cercle $\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}$, car l'arête $e'e'$ est représentée par le pôle du cercle pe^1e^1p, c'est-à-dire par le point W_1 et l'intersection du grand cercle $\mathfrak{M}W_1$ avec $\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}$ fournit le point W.

La construction de Stöber (*Voir* le *Bulletin*, t. XXII, p. 42; 1899) permet de résoudre directement sur la projection stéréographique la détermination de l'orientation cristallographique des trois axes X, Y, Z avec une approximation suffisante.

Connaissant au préalable les trois directions, ainsi qu'on l'a vu plus haut, je me suis borné à la vérification graphique inverse, c'est-à-dire, connaissant XYZ, à déterminer ABC; la concordance a été de l'ordre des erreurs des tracés, c'est-à-dire de 1° ou 2°, approximation suffisante, eu égard à l'incertitude du repère cristallographique W; avec des données plus précises, il vaudrait mieux opérer par le calcul.

En résumé, on voit que les théories exposées ci-dessus sont vérifiées par l'expérience au degré de précision que comportent la perfection de la face réfléchissante et celle des faces naturelles.

Les formules très simples dont on vient de voir l'application permettent donc de se contenter, à la rigueur, d'une

seule facette pour obtenir, par un calcul facile, les trois paramètres optiques principaux du cristal en grandeur et en direction. Les erreurs deviennent presque impossibles, grâce aux contrôles qu'on rencontre à chaque pas dans le calcul numérique.

Compte rendu des publications étrangères.

F.-W. Clarke et G. Steiger. — Action du chlorure d'ammonium sur certains silicates (*Am. J. of. Sc.*, 4e série, vol. XIII, 1902, p. 27).

Les auteurs étudient l'action du chlorure d'ammonium à la température de 350° et dans un tube scellé pendant 5 ou 6 heures. Avec la stilbite on obtient un composé presque identique à cette zéolite, mais dans lequel la chaux et la soude sont remplacées en grande partie par de l'ammoniaque; il en est de même pour la heulandite et la chabasie, mais pour la thomsonite, une faible partie seulement de la chaux fait place à l'ammonium. L'analyse de ces composés ammoniacaux a donné les résultats suivants :

	Stilbite.	Heulandite.	Chabasie.	Thomsonite.
SiO^2	60,80	61,24	55,88	42,41
Al^2O^3.....	18,36	18	19,15	30,50
CaO.....	1,86	2,56	2,25	10
Na^2O.....	0,08	0,60	0,35	2,63
AzH^3.....	5,12	4,42	4,64	2,45
H^2O.....	12,96	13,63	16.57	11,96
Cl.....	1,31	»	0,95	»
Total...	100,49			
moins O...	0,29			
	100,20	100,45		99,95

La stilbite, la heulandite et la chabasie sont approximativement des trisilicates, alors que la thomsonite est essentiellement un orthosilicate et un mélange variable de molécules de trisilicate.

L'ilvaïte est très facilement attaquée par le chlorhydrate d'ammoniaque. Par le seul mélange dans un mortier d'agate des poudres des deux corps, il y a déjà un léger dégagement d'ammoniaque. A 350° la réaction est extrêmement énergique. La molécule d'ilvaïte est donc très instable, et cela explique la rareté de ce minéral qui ne peut se former que dans des conditions exceptionnelles. Naturellement on n'a pas de composé ammoniacal. On n'en obtient pas davantage avec la riebeckite, l'ægyrine, la serpentine, la leuchtenbergite et la phlogopite.

H.-L. Wells et S.-L. Penfield. — Sur un nouveau gisement de *sperrylite* (*Ibid.*, p. 95).

Ce rare minéral ($PtAs^2$) a été trouvé à Rambler Mine (Medicine Bow Mountains), à 50 milles sud-ouest de Laramie, dans un minerai de cuivre qui contient de 0,0002 à 0,0048 pour 100 de platine. La chalcosite est le minéral de ce gisement qui en contient le plus.

W.-F. Hillebrand. — La composition de l'yttrialite avec une critique de la formule assignée à la thalénite (*Ibid.*, p. 145).

Les conclusions du Mémoire de l'auteur sont les suivantes :

La formule empirique de Hidden et Macintosh pour l'yttrialite est confirmée; la formule fondamentale de Benedicks est erronée.

La formule de Hidden et Macintosh n'est pas, toutefois, susceptible de représenter l'yttrialite comme un simple sel de l'acide $H^6Si^2O^7$.

La formule proposée par Benedicks pour la thalénite est douteuse.

E. Sommerfeldt. — Figures de corrosion naturelles de la barytine (*Centr. f. Min. geol. und. Pol.*, 1902, p. 97, n° 4).

Les figures de corrosion sur a^2 (102) des cristaux de barytine de Dalmœllington Mine, près Frizington, montrent que la brachypinacoïde n'est pas d'un plan de symétrie et que ces cristaux sont peut-être hémimorphes. Déjà plusieurs observateurs (Hanker, Beckenkamp, etc.) ont été amenés à penser, à la suite de leurs études sur les propriétés électriques de la barytine, que ce minéral n'était pas rhombique holoédrique, et Beckenkamp a même obtenu artificiellement des figures asymétriques.

Le Secrétaire, gérant :
Paul GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 3.

Compte rendu de la séance du 13 mars 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société M. Buttgenbach, ingénieur à Glain (Liége), présenté dans la séance précédente par MM. Pisani et Cesàro.

M. le Président annonce une présentation.

M. WYROUBOFF donne le résultat de ses recherches sur l'expérience de M. Meigen, relative à l'action du nitrate de cobalt sur la calcite et sur l'aragonite.

M. TERMIER fait la Communication suivante :

Sur la néotantalite, espèce minérale nouvelle;

Par M. Pierre Termier.

J'étudie depuis quelque temps des sables, riches en cassitérite, qui proviennent du lavage des kaolins de la Compagnie de Beauvoir. Ces kaolins sont eux-mêmes extraits des gisements des Colettes et d'Échassières, dans le département de l'Allier.

Les sables en question contiennent de très nombreux octaèdres réguliers, de couleur jaune clair, ayant, en général, moins d'un millimètre dans leur plus grande dimension, doués d'un vif éclat, presque adamantin, et ressemblant à de petits cristaux de pyrochlore. M. Lacroix, qui a eu entre les mains des échantillons analogues aux miens, et de même provenance, vient de signaler (1) ces petits octaèdres, sans les déterminer d'une façon précise, mais en les rattachant au pyrochlore ou aux minéraux complexes de la même série.

En réalité, il s'agit ici d'un *tantalo-niobate de fer, manganèse et alcalis*, et non pas d'un niobate de cérium. Le minéral n'est donc pas du pyrochlore. Ce n'est pas non plus de la hatchettolite, puisqu'il n'y a pas de chaux, et que l'on ne trouve que des traces d'urane; ni du microlite, puisque le microlite contient plus de 10 pour 100 de chaux.

J'ai fait trier à la loupe plusieurs centaines de ces octaèdres minuscules, jusqu'à ce que l'on eût ainsi 8g, environ, de la matière.

La densité est égale à 5,193. La dureté est comprise entre 5 et 6.

---

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 221 et 231.

L'analyse a été faite plusieurs fois par M. Pisani, et a donné les résultats suivants :

Acide tantalique	57,70	79,70
Acide niobique	22,00	
Protoxyde de fer	4,57	7,42
Protoxyde de manganèse	2,85	
Bioxyde d'étain	0.43	
Alcalis (K, Na, Li)	2,50	
Silice	1,32	
Alumine	1,43	
Oxyde de cuivre (CuO)	0,14	
Magnésie	traces	
Uranium	traces	
Perte au feu à 1200°	6,30	
Total	99,24	

Le dosage de l'acide tantalique a été obtenu par cristallisation du fluotantalate de potasse (procédé de Marignac). On peut le considérer comme exact à cinq ou six centièmes près.

L'examen microscopique montre, dans certains octaèdres, de fines aiguilles de mica blanc. C'est évidemment à ce minéral, muscovite ou lépidolite, qu'il faut attribuer la silice et l'alumine; et la quantité de mica blanc qui correspond à 1,43 d'alumine contient environ 0,5 d'alcalis et d'eau. De même, il faut mettre de côté l'acide stannique, qui provient évidemment de quelques parcelles de cassitérite.

Après ces corrections, la composition deviendrait sensiblement la suivante :

Acide tantalique	60,58	83,68
Acide niobique	23,10	
Protoxyde de fer	4,80	7,80
Protoxyde de manganèse	3,00	
Alcalis	2,31	
Eau (partant à 1200°)	6,51	
Total	100,30	

Le seul minéral connu dont la composition se rapproche un peu de celle-ci est la tantalite. Voici, en effet, d'après Comstock [1], les résultats de l'analyse de la tantalite de Northfield :

Acide tantalique	56.90	83,71
Acide niobique	26,81	
Protoxyde de fer	10,05	15,93
Protoxyde de manganèse	5,88	
Total	99,64	

Mais la différence est encore très grande. Dans le minéral des Colettes et d'Echassières, la teneur totale en fer et manganèse n'est que la moitié de celle de la tantalite. Par contre, il y a plus de 6 pour 100 d'eau (*qui ne part qu'à* 1200°); tandis que les tantalites connues sont presque absolument dépourvues d'eau, ou bien la perdent très facilement par une calcination modérée. Enfin, la densité du nouveau minéral est notablement moindre que celle de la tantalite.

Examiné au microscope et en lames minces, le minéral des Colettes et d'Échassières est translucide, blanc jaunâtre, et *rigoureusement isotrope*. Beaucoup de cristaux contiennent dans leur intérieur, généralement au centre, un noyau d'oligiste manganésifère, opaque, ou à peine translucide et donnant alors, par transmission, une teinte rouge brunâtre très foncée. Il est donc certain que la teneur, indiquée plus haut, de 7,80 pour 100, en protoxydes de fer et de manganèse, est un peu exagérée. Le minéral isotrope, blanc jaunâtre, qui forme la majeure partie des cristaux et même l'intégralité de beaucoup de cristaux, ne doit pas contenir plus de 6 ou 7 pour 100 de l'ensemble ($FeO + MnO$).

L'indice de réfraction est fort élevé. Je l'évalue grossièrement à 1,9.

---

[1] *In* Dana, *System of Mineralogy*, 6e édition, p. 733.

Les cristaux mesurables présentent, outre les faces de l'octaèdre régulier, de très petites facettes du dodécaèdre rhomboïdal.

Il ne semble pas y avoir de clivages.

D'après tous ces caractères, le minéral cubique des kaolins des Colettes et d'Échassières est une espèce nouvelle, voisine, à coup sûr, mais cependant nettement différente, de la tantalite.

Je propose d'appeler *néotantalite* ce minéral nouveau.

On sait que la tantalite est orthorhombique, avec les paramètres

$$a : b : c = 0,828 : 1 : 0,889,$$

et que ce minéral est fréquemment maclé suivant le dôme (021). Ce dôme (021) a pour base un rhombe de 121°20′. Il y a aussi, mais plus rarement, des macles suivant un autre dôme (023), dont la base est un rhombe de 61°21′. Ces macles s'expliquent aisément l'une et l'autre, si l'on admet que l'axe a est quasi ternaire.

Or, si l'on rapporte un cube à un axe ternaire a, et à deux autres axes, perpendiculaires entre eux et perpendiculaires au premier, et tels que l'un d'eux soit un axe binaire, les trois paramètres de ce cube sont

$$a : b : c = \sqrt{3} : \sqrt{2} : \sqrt{6}$$

ou

$$a : b : c = 1,225 : 1 : 1,732.$$

Or le paramètre a de la tantalite est à peu près égal à $\frac{2}{3} \times 1,225$; et le paramètre c du même minéral n'est pas très différent de $\frac{1}{2} \times 1,732$.

Il semble, d'après cela, que la tantalite ait un réseau quasi cubique. On peut donc s'attendre à trouver dans la nature une variété dimorphe de la tantalite, et qui soit exactement cubique.

Cette tantalite cubique présenterait alors avec la *néotantalite*, malgré une différence notable de composition, de remarquables analogies.

Notices cristallographiques

(IXe Série);

Par M. H. Dufet.

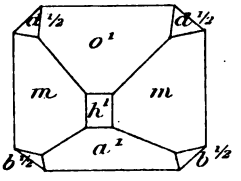
LXX. — Hydrate de pyridinebétaine

$C^7H^7AzO^2 + H^2O$.

Ces cristaux et les trois corps suivants ont été obtenus par M. Dubreuil [1], qui a bien voulu m'en confier l'examen.

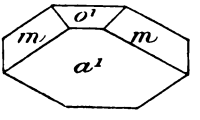
La pyridinebétaïne se présente en gros cristaux clinorhom-

Fig. 1.



biques limpides, formés des faces $m(110)$, $o^1(101)$, $a^1(10\bar{1})$ et des faces $h^1(100)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$, beaucoup plus petites

Fig. 2.



(*fig.* 1), ou en petits cristaux aplatis suivant a^1, présentant les faces m et la face o^1, petite (*fig.* 2).

---

[1] L.-J. Simon et Dubreuil, *C. R.*, t. CXXXII, 1901; p. 418.

Système clinorhombique.

$a : b : c = 0,99344 : 1 : 0,79417,$

$\beta = 87°27'30''.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$o^1 a^1 (101)(\bar{1}01)$	Fond.	*77°.16′
$o^1 h^1 (101)(100)$	49.49	49.52
$a^1 h^1 (10\bar{1})(100)$	Fond.	*32.55
$mm (110)(\bar{1}10)$	Fond.	*90.26
$m h^1 (110)(100)$	44.47	44.48
$m o^1 (110)(101)$	62.45 ½	62.45
$m a^1 (110)(10\bar{1})$	64.39 ½	64.40
$o^1 d^{\frac{1}{2}} (101)(111)$	31.15	31.16
$a^1 b^{\frac{1}{2}} (10\bar{1})(11\bar{1})$	32.21 ½	32.20
$m d^{\frac{1}{2}} (110)(111)$	40.48	40.36 (app.)
$m b^{\frac{1}{2}} (110)(11\bar{1})$	42.24	42.22

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1(010)$; la bissectrice aiguë, *négative,* est placée dans l'angle obtus des axes cristallographiques et fait avec l'axe vertical un angle de 12°45′. L'angle des axes pour la raie D, et à la température de 20°,5, a été trouvé égal à 25°20′. Il diminue d'environ 4′ par degré centigrade.

Ces résultats ont été obtenus au moyen d'un cristal aplati suivant a^1, sur lequel ont été relevées les positions des axes optiques et les limites de réflexion totale dans l'iodure de méthylène pour l'indice moyen. Les mesures donnent immédiatement l'indice relatif du cristal et du liquide d'immersion et, par suite, les angles des axes *intérieurs* avec la normale à la plaque.

Les indices de réfraction, mesurés pour la raie D, à la même température, au réfractomètre Abbe-Pulfrich, sont :

$$n_g = 1,6450,$$
$$n_m = 1,6385,$$
$$n_p = 1,5233.$$

On calcule avec ces valeurs $2V_D = 25°16'$; l'accord est donc satisfaisant.

La dispersion propre des axes est notable avec $\rho > v$, la dispersion inclinée presque nulle. Pour les mesurer, je me suis servi de l'observation des axes optiques, avec les lumières du lithium, du sodium et du thallium, dans la naphtaline bromée, à travers les faces a^1 et o^1. Avec les données précédentes relatives à la raie D et l'angle des faces $a^1 o^1$, on trouve par un calcul facile l'inclinaison de chaque axe sur la face a^1, et par suite l'orientation et l'angle des axes. J'ai ainsi, pour l'angle intérieur,

$$2V_{Li} = 25°.58,$$
$$2V_D = 25.20 \text{ (admis)},$$
$$2V_{Tl} = 24.30.$$

L'angle de la bissectrice aiguë avec l'axe vertical, qui vaut 12°45′ pour la raie D, a la même valeur pour le lithium et la valeur 12°40′ pour le thallium.

LXXI. — Chlorhydrate neutre de pyridinebétaine $C^7H^7AzO^2.HCl$.

Les cristaux que j'ai étudiés sont parfaitement incolores; ils sont clinorhombiques et présentent les faces $p(001)$, $g^1(120)$ dominantes, avec $m(110)$, $h^1(100)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1)$. Ils sont le plus souvent aplatis suivant p (*fig.* 3) ou en cristaux

aigus avec p, g^3, $d^{\frac{1}{2}}$ (*fig.* 4). La face m est un plan de clivage parfait.

Cette substance, obtenue d'abord par Krüger [1], a été étu-

Fig. 3.

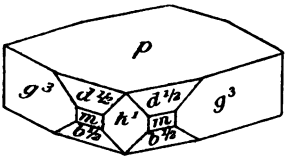
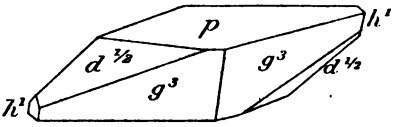


Fig. 4.



diée par Scheibe; ses cristaux étaient *jaunes*, ne présentaient pas la face m, que l'auteur cite comme plan de clivage.

Scheibe donne seulement les valeurs des paramètres

$$a : b : c = 1,1291 : 1 : 0,8827, \qquad \beta = 72^\circ 48',$$

qui se rapprochent beaucoup des miens.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 1,12814 : 1 : 0,89345,$$

$$\beta = 72^\circ 42' 35''.$$

	Angles des normales	
	calculés.	mesurés.
	° ′ ″	° ′
ph^1 (001)(100)	72.42.35	72.44
h^1m (100)(110)	47. 7 $\frac{1}{2}$	47. 9
h^1g^3 (100)(120)	Fond.	*65. 6
mg^3 (110)(120)	17.58 $\frac{1}{2}$	17.58 $\frac{1}{2}$
mm (110)($1\bar{1}0$)	94.15	94.19 (app.)
g^3g^3 (120)($\bar{1}20$)	49.48	49.48

[1] *Journ. f. prakt. Chem.*, (2), t. XLIII, 1891, p. 289.

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$pd^{\frac{1}{2}}$ (001)(111)	Fond.	*42.42
pm (001)(110)	Fond.	*78.20
$md^{\frac{1}{2}}$ (110)(111)	35.38	35.37
$mb^{\frac{1}{2}}$ (110)(11$\bar{1}$)	45.31	45.32
$d^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ (111)(11$\bar{1}$)	81. 9	81. 9
$pb^{\frac{1}{2}}$ (00$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)	56. 9	56.10
$h^1d^{\frac{1}{2}}$ (100)(111)	49.37	49.35
$h^1b^{\frac{1}{2}}$ (100)(1$\bar{1}\bar{1}$)	68.52	68.55
pg^3 (001)(120)	82.49	82.50
$d^{\frac{1}{2}}g^2$ (111)(120)	42 51	42.49
$b^{\frac{1}{2}}g^3$ (11$\bar{1}$)(120)	44.19	44.19
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}$ (111)(1$\bar{1}$1)	61. 0	61. 3
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ (11$\bar{1}$)(1$\bar{1}\bar{1}$)	76.51	76.48

Propriétés optiques. — Les trois indices principaux ont été déterminés, pour la lumière du sodium, à l'aide du réfractomètre Abbe-Pulfrich. Les mesures sont assez difficiles; les cristaux, très solubles et hygrométriques, se polissent assez mal et donnent peu de lumière.

Les valeurs trouvées sont :

$$n_g = 1,6925,$$
$$n_m = 1,5568,$$
$$n_p = 1,5290.$$

On voit que les cristaux sont *positifs* et très biréfringents.

On a, avec ces indices, comme valeur *calculée* de l'angle des axes,

$$2V_D = 52°3'.$$

Le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de symétrie, et la bissectrice obtuse est parallèle à l'axe binaire. La bissectrice aiguë est placée en arrière de la normale à la base. Dans des cristaux aussi biréfringents, la méthode la plus exacte de beaucoup pour trouver l'orientation optique consiste à utiliser l'indice extraordinaire obtenu par réflexion totale sur une lame parallèle à la base. Cet indice donne, pour l'angle de la normale à la plaque avec la bissectrice aiguë, la valeur $\theta = 26°44'$. Une erreur d'une minute sur l'angle de réflexion totale, plus grande assurément que l'erreur réelle, donne pour θ une variation de 7 minutes. La bissectrice aiguë fait donc avec l'axe vertical un angle de 9°27′ *dans l'angle aigu.*

J'ai mesuré l'angle des axes sur des cristaux non taillés, à travers la face p, en les immergeant dans l'iodure de méthylène et les inclinant jusqu'à ce que les anneaux passent au centre du champ. Avec l'indice de l'iodure de méthylène, on obtient l'angle dans l'air

$$2E = 86°8',$$

et l'angle vrai

$$2V = 52°2',$$

identique, à une minute près, à l'angle calculé.

Dans l'iodure de méthylène, l'angle des axes en lumière blanche paraît le même pour toutes les couleurs, ce qui donnerait, pour $2E$, $\rho < v$.

LXXII. — Chlorhydrate basique de pyridinebétaine $(C^7H^7O^2Az)^2HCl + H^2O$.

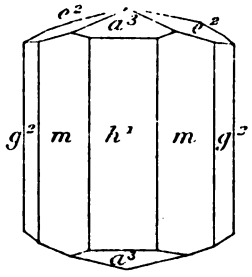
Ce corps, obtenu d'abord par Krüger [1], cristallise en beaux prismes orthorhombiques incolores, allongés suivant

---

[1] Krüger, *loc. cit.*, p. 290.

la zone mh^1. Ils présentent les faces $h^1(100)$ (dominante), $m(110)$ et $g^2(130)$, très petite, et sont terminés par un sommet

Fig. 5.



surbaissé formé des faces $a^3(103)$ et $e^2(012)$. Il existe un clivage imparfait suivant h^1 (*fig.* 5).

Système orthorhombique.

$a : b : c = 0,83910 : 1 : 0,64945.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
		° ′
$mh^1(110)(100)$	Fond.	*40. 0
$h^1g^2(100)(130)$	68.20	68.11 (app.)
$g^2g^2(130)(\bar{1}30)$	43.20	43.30 (app.)
$mg^2(110)(130)$	28.20	28.20
$m\overline{g^2}(110)(\bar{1}30)$	71.40	71.40
$h^1a^3(100)(103)$	Fond.	*75.32
$a^3a^3(103)(\bar{1}03)$	28.56	28.53
$e^2e^2(012)(0\bar{1}2)$	35.58	35.58
$a^3e^2(103)(012)$	22.56	22.50
$ma^3(110)(103)$	78.58	78.54
$me^2(110)(012)$	78.33	78.31
$g^2a^3(130)(103)$	84.43	84.54 (app.)
$g^2e^2(130)(012)$	73.19	73.20

Propriétés optiques. — Les indices principaux pour la raie D,

mesurés au réfractomètre Abbe-Pulfrich, à la température de 20° C., sont :

$$n_g = 1,7115,$$
$$n_m = 1,6083,$$
$$n_p = 1,5374.$$

Ces cristaux, comme les précédents, sont très biréfringents. Le signe optique est *positif*. L'angle des axes calculé avec ces valeurs est $2V_D = 83°52'$.

Le plan des axes optiques est parallèle à la base; la bissectrice aiguë coïncide avec la grande diagonale, l'axe *b*, et la bissectrice obtuse avec l'axe *a*. L'angle des axes a été observé sur cette bissectrice, à travers la face h^1, dans la naphtaline bromée d'indice $n_D = 1,6596$ à 20° C. De l'angle observé $2H_0 = 92°15'$ et de la valeur des indices on tire

$$2V_D = 83°53' \text{ (observé)},$$
$$83°52' \text{ (calculé)}.$$

En observant les axes en lumière blanche autour de la bissectrice obtuse, on les trouve dispersés dans le sens où agirait la dispersion de la naphtaline bromée, c'est-à-dire avec $\rho > v$. Les axes optiques vus dans la face g^2, pour lesquels la dispersion de la naphtaline agirait en sens contraire, ne paraissent pas du tout dispersés. On en conclut donc qu'autour de la bissectrice aiguë, 2V est un peu plus petit pour le rouge que pour le violet, l'écart n'étant d'ailleurs que de quelques minutes.

J'ai dû me borner à ces résultats, les cristaux étant peu réfléchissants par suite d'une légère attaque par les liquides de mouillage du réfractomètre.

LXXIII. — Bromhydrate basique de pyridinebétaine $(C^7H^7O^2Az)^2HBr + H^2O$.

Ce sel, obtenu aussi par Krüger [1], est complètement isomorphe avec le précédent. L'aspect des cristaux et les faces existantes sont les mêmes. La seule différence consiste en ce que les faces g^2 sont bien développées, tandis que les faces m sont très réduites. On trouve également un clivage médiocre suivant h^1.

Système orthorhombique.

$a : b : c = 0,84262 : 1 : 0,65767.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
	° ′	° ′
mh^1 (110)(100)	40. 7	40. 8
h^1g^2 (100)(130)	68.25	68.24
g^2g^2 (130)($\bar{1}$30)	Fond.	*43.10
mg^2 (110)(130)	28.18	28.12 (app.)
h^1a^3 (100)(103)	Fond.	*75.25
a^3a^3 (103)($\bar{1}$03)	29.10	29.10
e^2e^2 (012)(0$\bar{1}$2)	36.24	36.21
a^3e^2 (103)(012)	23.10	23. 7
ma^3 (110)(103)	78.54	78.54
me^2 (110)(012)	78.23	78.23
g^2a^3 (130)(103)	84.41	84.42
g^2e^2 (130)(012)	73. 7	73. 7

Propriétés optiques. — Les propriétés optiques sont aussi voisines que possible de celles du chlorhydrate. Le signe est le même (+) ainsi que l'orientation optique : bissectrice aiguë parallèle à b, bissectrice obtuse parallèle à a. L'angle des axes

[1] Krüger, *loc. cit.*, p. 293.

est un peu plus grand. De l'angle 89°30′, observé dans la naphtaline bromée autour de la bissectrice obtuse, on déduit, à l'aide de l'indice moyen, la valeur

$$2V_D = 87°32'.$$

Les indices sont aussi un peu plus élevés. J'ai trouvé, pour la raie D, vers 20° C.,

$$n_g = 1,7171,$$
$$n_m = 1,6177,$$
$$n_p = 1,5404.$$

La valeur calculée pour l'angle des axes, à l'aide de ces indices, est $2V_D = 87°28'$.

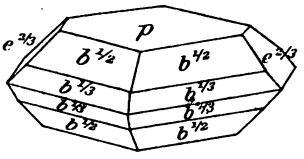
La dispersion des axes intérieurs paraît insensible; les axes extérieurs apparaissent en effet très légèrement dispersés dans la face h^1 et dans la face g^2, mais en sens inverse.

LXXIV. — *p*-AMIDOPHÉNYLSULFONATE DE SODIUM (SULFANILATE DE SODIUM).

$$\underset{(1)}{AzH^2}.C^6H^4.\underset{(4)}{SO^3}Na + 2H^2O.$$

Ce sel, connu depuis longtemps, a été mesuré par Hen-

Fig. 6.



niges (1), qui n'y a signalé que les faces $p(001)$ et $b^{\frac{1}{2}}(111)$. J'ai observé en outre les faces $b^{\frac{1}{3}}(332)$ et $e^{\frac{2}{3}}(032)$, cette der-

(1) HENNIGES, *Inaug. Dissert.* Göttingen, 1881, et *Gr. Zeits. f. Kryst.*, t. VII, p. 527; 1883.

nière, il est vrai, assez rare. Il n'y a pas de clivages (*fig.* 6).

Mes mesures s'écartent notablement de celles de Henniges pour les deux angles qu'il a pris comme fondamentaux; elles sont d'ailleurs bien concordantes, car j'avais à ma disposition de bons cristaux.

Système orthorhombique.

$a : b : c = 0,78858 : 1 : 0,79327.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.	Id. (Henniges).
$p\,b^{\frac{1}{2}}$ (001)(111)	Fond.	*52° 1′ ½	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{2}}$ (111)($1\bar{1}1$)	75.57	75.56	75.42 ½
$p\,b^{\frac{1}{3}}$ (001)(332)	62.30 ½	62.31 ½	
$b^{\frac{1}{3}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (332)($33\bar{2}$)	54.59	55. 7 (app.)	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (111)(332)	10.29	10.28	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (111)($33\bar{2}$)	65.28	65.26	
$p\,e^{\frac{2}{3}}$ (001)(032)	49.57 ½	50. 1	
$e^{\frac{2}{3}}\,e^{\frac{2}{3}}$ (032)($03\bar{2}$)	80. 5	80.11	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{2}}$ (111)($1\bar{1}1$)	Fond.	*58.26	58.23
$b^{\frac{1}{3}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (332)($3\bar{3}2$)	66.38	66.35	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (111)($3\bar{3}2$)	63.26 ½	63.26	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{2}}$ (111)($\bar{1}11$)	76.29	76.31	76.46
$b^{\frac{1}{3}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (332)($\bar{3}32$)	88.18	88.15	
$e^{\frac{2}{3}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (032)(332)	44. 9	44. 8	
$b^{\frac{1}{2}}\,e^{\frac{2}{3}}$ (111)(032)	39.41	39.38	
$b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{3}}$ (111)($\bar{3}32$)	83. 3	82.59	

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est parallèle à g^1(010), et la bissectrice aiguë, *positive*, est perpendiculaire à la base. Les indices principaux, mesurés au réfractomètre Abbe-Pulfrich, pour les radiations du lithium, du sodium et du thallium, ont les valeurs suivantes :

	n_g.	n_m.	n_p.
Li	1,6405	1,5611	1,5312
D	1,6490	1,5667	1,5362
Tl	1,6573	1,5722	1,5411

On en déduit, pour l'angle intérieur des axes optiques,

	2V.
Li	65°.44′
D	65.24
Tl	65. 6

J'ai trouvé pour l'angle extérieur, dans l'air, et à l'aide des indices mesurés, pour l'angle intérieur, les valeurs :

	2E.	2V.
Li	115°.38′.30″	65°.40′
D	115.34	65.22
Tl	115.27.30	65. 4

qui s'accordent parfaitement avec les angles calculés.

Henniges donne pour l'angle des axes dans l'air, et pour l'indice moyen, calculé au moyen d'observations sur les axes, les valeurs

	2E.	n_m [1].
Li	115°.39′	1,562
D	115.23	1,567
Tl	115.21	1,572

[1] Moyenne des nombres obtenus par deux méthodes.

LXXV. — (1-4)-AMIDONAPTHYLSULFONATE DE SODIUM (NAPHTIONATE DE SOUDE)

$$C^{10}H^{6}\begin{cases} AzH^{2}\ (1) \\ SO^{3}Na\ (4) \end{cases} + 4H^{2}O.$$

Ce sel, connu depuis longtemps (¹), se présente en cristaux volumineux, presque incolores, avec une faible fluorescence violacée; ils appartiennent au système clinorhombique, et sont formés seulement des faces $p(001)$, $m(110)$ et $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$. (*fig.* 7).

Ils possèdent un clivage assez net parallèlement à la base. Ces cristaux ont déjà été mesurés par Grünling (²).

Système clinorhombique.

$a : b : c = 0,82581 : 1 : 0,95423,$

$\beta = 81^{\circ}19'.$

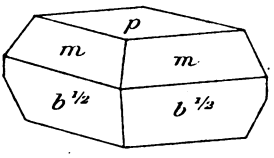
	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.	Id. (Grünling).
		° ′	° ′
pm (001)(110)	Fond.	*83.19	83.17
$pb^{\frac{1}{2}}$ (00$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)	Fond.	*60.59	61. 8
$mb^{\frac{1}{2}}$(110)(11$\bar{1}$)	35.42	35.42	»
mm(110)(1$\bar{1}$0)	79. 6	79. 5	79. 6
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$(11$\bar{1}$)(1$\bar{1}$$\bar{1}$)	Fond.	*68.12	68.19
$mb^{\frac{1}{2}}$(110)(1$\bar{1}$$\bar{1}$)	84.22	84.22	»

(¹) Piria, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XXXI, p. 217.

(²) Grünling *in* Muthmann et Ramsay, *Gr. Zeitsch f. Kryst.*, t. XXX, 1899; p. 71.

Propriétés optiques. — Ramsay [1] donne pour les indices moyen et minimum **1,60** et **1,57** (raie D), et pour l'angle des axes **59°**, avec une inclinaison de **6° ¼** dans l'angle obtus des axes pour la bissectrice aiguë *positive*. Je trouve bien les

Fig. 7.



mêmes indices, mais la valeur de l'angle des axes et l'inclinaison sont très différentes. En présence de cette divergence, j'ai multiplié mes mesures et me suis assuré de leur exactitude.

Les indices principaux, mesurés à 20° C., à l'aide du réfractomètre Abbe-Pulfrich, sont :

n_g.	n_m.	n_p.	
»	1,5906	1,5660	*Li*
1,6570	1,5987	1,5731	D
»	1,6067	1,5800	*Tl*

On en déduit pour l'angle des axes, pour la raie D,

$$2V = 69°8'.$$

Les axes optiques sont dans le plan g^1 et peuvent s'observer à travers la base ; il est facile dès lors de mesurer leurs angles avec la normale à la base. J'ai procédé à cette mesure au moyen de cristaux non taillés, immergés dans l'iodure de méthylène, en déterminant simultanément la position des axes et les limites de réflexion totale. On obtient ainsi l'angle vrai et l'orientation, sans erreur due à l'indice du liquide d'immer-

---

[1] Ramsay *in* Muthmann et Ramsay, *loc. cit.*

sion. Je trouve, comme moyenne d'une quinzaine de mesures bien concordantes,

$$2V_D = 69°10' \text{ à } 20° \text{ C.}$$

La bissectrice aiguë est placée dans l'angle *aigu* des axes cristallographiques et fait avec l'axe vertical un angle de 3°35'.

L'angle des axes augmente sensiblement avec la température; la variation est de + 4' par degré centigrade. La position de la bissectrice ne paraît pas varier.

J'ai mesuré l'angle des axes pour les raies du lithium et du thallium. La dispersion des axes est notable, et la dispersion inclinée faible, mais appréciable.

	Angle intérieur 2V.	Angle de la bissectrice avec l'axe vertical.
	° ′	° ′ ″
Li	69.25	3.31.30
D	69.10	3.35
Tl	68.46	3.38.30

Les valeurs de l'angle des axes donnent, pour les radiations du lithium et du thallium, les valeurs suivantes pour l'indice maximum que je n'ai pu, faute de lumière, mesurer exactement :

$$n_g \begin{cases} 1,6460 \ Li, \\ 1,6657 \ Tl. \end{cases}$$

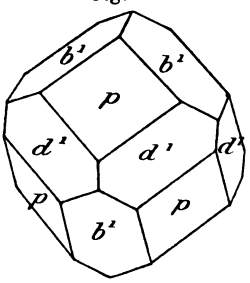
LXXVI. — Erythrite dichlorhydrique

$$C^4H^8O^2Cl^2 = Cl.CH^2 - \underset{OH}{\overset{H}{C}} - \underset{OH}{\overset{H}{C}} - CH^2.Cl.$$

Cet éther de l'érythrite est connu depuis très longtemps; sa solution aqueuse donne de beaux cristaux qui, à ma connais-

sance, n'ont jamais été étudiés. Ces cristaux sont rhomboédriques et formés des faces $p(10\bar{1}1)$, $b^1(01\bar{1}2)$ et $d^1(1\bar{1}20)$ (*fig.* 8).

Fig. 8.



Je n'ai pas observé de clivage.

Rhomboèdre de 86°15'.

$$\frac{c}{a} = 1,35601.$$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
pb^1 $(10\bar{1}1)(01\bar{1}2)$	46°.52'½	46°.52'
pd^1 $(10\bar{1}1)(2\bar{1}\bar{1}0)$	43. 7½	43. 8
$b^1b^1(01\bar{1}2)(1\bar{1}02)$	Fond.	*64.32
$b^1d^1(01\bar{1}2)(\bar{1}2\bar{1}0)$	57.44	57.44
pb^1 $(10\bar{1}1)(\bar{1}102)$	95.30	95.28

Propriétés optiques. — Les cristaux sont optiquement *négatifs*. La croix noire ne présente aucune dislocation. Les valeurs des indices pour les radiations du lithium, du sodium et du thallium sont :

	Ind. ordinaire.	Ind. extraordinaire.
Li	1,5497	1,5119
D	1,5535	1,5149
Tl	1,5568	1,5175

Sur un nouveau modèle de réfractomètre;

Par M. Fréd. Wallerant.

Une Note très intéressante de M. Klein sur les réfractomètres m'amène à donner quelques renseignements sur le nouveau dispositif que j'ai adopté pour mon réfractomètre.

Mais je voudrais auparavant exposer quelques réflexions qui me sont inspirées par la Note de M. Klein.

Le savant professeur de Berlin examine d'une façon très approfondie les avantages et les inconvénients du réfractomètre de M. Pulfrich et du modèle que j'ai proposé pour les minéraux microscopiques.

Il a été ainsi amené à faire construire un nouveau modèle devant participer des avantages des deux précédents.

M. Klein adopte le dispositif général de l'appareil de M. Pulfrich avec la lentille demi-boule. Mais il place le réticule dans le plan focal de l'objectif et devant l'oculaire positif se trouve un diaphragme iris conformément à mon modèle.

L'ensemble, qui constitue un microscope, lui permet de voir le minéral placé sur la lentille demi-boule et de diaphragmer. Mais, pour observer le phénomène de la réflexion totale, M. Klein introduit dans le corps du microscope une lentille Bertrand, et le minéral cesse alors d'être diaphragmé. Pour que le diaphragme, en effet, joue son rôle, il faut qu'il soit placé dans le plan de l'image donnée par *tout le système optique* qui le précède; c'est ce qui a lieu avant l'introduction de la lentille Bertrand, mais la condition cesse d'être réalisée après l'introduction de cette lentille. Dans l'appareil de M. Klein il faudrait remplacer la lentille Bertrand par une lunette que l'on substituerait à l'oculaire positif après avoir diaphragmé.

J'ai craint que ce dispositif ne présentât des difficultés de

construction dans un appareil qui demande à être centré avec tant de soin; c'est pourquoi j'ai adopté le modèle suivant; mais je suis convaincu que le modèle de M. Klein, modifié comme je l'ai indiqué, serait préférable s'il peut être construit dans des conditions de fixité suffisante.

Comme le montre la figure ci-jointe, l'appareil est complet en lui-même et ne nécessite pas l'emploi d'un microscope;

mais la modification importante consiste dans l'emploi d'un prisme octogonal, c'est-à-dire d'un prisme à huit faces faisant toutes un angle de 60° avec la base. Ce prisme est fixé sur une platine mobile tournant autour d'un axe perpendiculaire sur la base du prisme, et la préparation fixée sur cette platine est entraînée dans le mouvement.

Ce dispositif a un double avantage : d'abord on peut mesurer les indices du cristal successivement à travers deux faces opposées et corriger ainsi l'erreur la plus importante qu'introduit la méthode de la réflexion totale, celle provenant du

non-parallélisme de la face cristalline et de la base du prisme ; en second lieu, on peut faire des mesures dans quatre azimuts différents, et obtenir ainsi huit indices, ce qui, en général, est suffisant pour obtenir des valeurs assez approchées de l'indice maximum et de l'indice minimum.

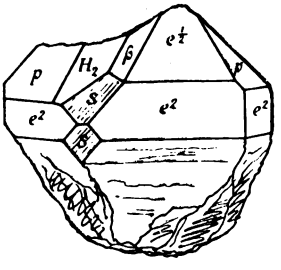
Sur quelques cristaux de quartz du Brésil;

Par M. Ferdinand Gonnard.

M. A. Lacroix ayant bien voulu me communiquer quelques cristaux de quartz du Brésil, lesquels appartiennent à la collection du Muséum, j'en ai retenu trois qui m'ont présenté de l'intérêt au point de vue des faces rares de la zone $pe^{\frac{1}{2}}$. Je vais les décrire.

Cristal n° 1 (voir *fig.* 1). — Il a 13^{mm} de plus grande dimension et est incolore. La position relative des deux rhomboèdres

Fig. 1.



fondamentaux p et $e^{\frac{1}{2}}$ est immédiatement fixée, grâce à deux faces s finement striées. Ainsi qu'il arrive d'ordinaire, ce

n'est qu'une des arêtes $pe^{\frac{1}{2}}$ du cristal qui est tronquée (voir *fig.* 1) par deux facettes assez larges (l'une d'elles a $2^{mm},5$).

En désignant ces deux facettes à partir de $e^{\frac{1}{2}}$ jusqu'à p par les chiffres 2 et 3, on trouve les incidences suivantes :

$$\left.\begin{array}{l} p \text{ sur } 3 = 169^{\circ}.\ 8' \\ p \quad » \quad 2 = 143.12 \\ p \quad » \quad e^{\frac{1}{2}} = 133.45 \end{array}\right\} \text{Moyenne de deux mesures assez concordantes.}$$

Ces mesures correspondent aux incidences calculées

$$\begin{aligned} pH_2 &= 168^{\circ}.56', \\ p\beta &= 143.31, \\ pe^{\frac{1}{2}} &= 133.44. \end{aligned}$$

On a donc sur ce cristal la combinaison de faces

$$pe^{\frac{1}{2}}H_2\beta se^2,$$

les faces H_2 et β étant celles qu'a signalées dans son Mémoire *Sur la Cristallisation et la structure intérieure du quartz* (1855), et pour la première fois, Des Cloizeaux.

Cristal n° 2 (voir *fig.* 2). — Sur ce cristal, incolore comme le précédent, et d'à peine 15^{mm} de plus grande dimension, la détermination de p et de $e^{\frac{1}{2}}$ n'est pas immédiate, à cause de l'absence des faces S. Mais, si on le place comme le montre la figure 2, et si l'on note 1, 2, 3 et 4 les faces qui se présentent successivement à l'œil, quand on le fait tourner de gauche à droite, on obtient les incidences ci-après :

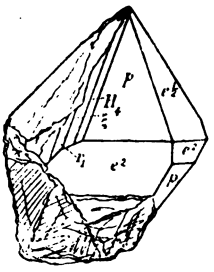
$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ sur } 2 = 163^{\circ}.44' \\ 1 \quad » \quad 3 = 156.40 \\ 1 \quad » \quad 4 = 151.33 \end{array}\right\} \text{Moyenne des trois mesures concordantes.}$$

Ces incidences sont très voisines des angles calculés suivants :

$$\left.\begin{array}{l} pH_4 = 165^\circ.39' \\ p\xi \;\; = 153.52 \\ p\Gamma_1 = 151.44 \end{array}\right\} \text{(voir } \textit{fig.} \text{ 2).}$$

Il est donc fort probable que les trois faces du cristal n° 2 sont effectivement H_4 que j'ai signalée sur le quartz des

Fig. 2.



géodes de Meylan, ξ l'isoscéloèdre noté par Des Cloizeaux et enfin Γ_1 de Termier.

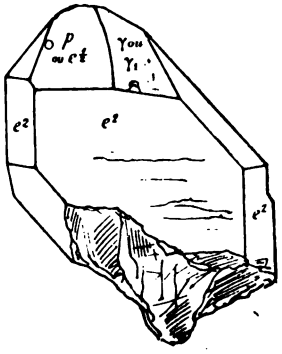
Cristal n° 3 (voir *fig.* 3). — Ce cristal offre une teinte améthyste pâle; il est remarquable par plusieurs cavités polyédriques (cristaux négatifs) à l'intérieur de sa masse; l'une d'elles est remplie d'un liquide avec bulle gazeuse mobile (quartz aérohydre). Ses plus grandes dimensions sont 35^{mm} suivant l'axe principal et 24^{mm} suivant l'un des trois autres perpendiculaires à celui-ci (voir *fig.* 3).

Une seule des arêtes $pe^{\frac{1}{2}}$ est tronquée par une large face (elle a 5^{mm}) plane, mais rugueuse. Aucune indication ne permet de fixer les positions respectives de p et de $e^{\frac{1}{2}}$.

Quoi qu'il en soit, comme cette face fait avec les deux faces voisines de la pyramide des angles de 148° et de 165° (pris

avec le goniomètre d'application), il est évident que l'on a affaire à la face γ de Des Cloizeaux, ou à son inverse γ_1 ; on a,

Fig. 3.



en effet, les incidences calculées suivantes :

$$p\gamma = e^{\frac{1}{2}}\gamma_1 = 164°58',$$
$$p\gamma_1 = e^{\frac{1}{2}}\gamma = 148°46'.$$

Sur un cristal d'améthyste du Brésil;

Par M. Ferdinand Gonnard.

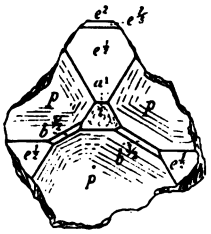
Aux observations qui précèdent je crois devoir ajouter la suivante, faite sur un cristal d'améthyste de ma collection. Je l'ai acquis jadis de M. E. Bertrand. Ce cristal, d'une belle couleur violette, n'offre qu'une pyramide avec, à peine, l'indication d'une face prismatique e^2; il a environ 40^{mm} de hauteur sur 35^{mm} de largeur.

Des six faces du pointement, trois sont unies et presque miroitantes; trois autres sont, au contraire, mates et même un peu rugueuses, sillonnées qu'elles sont de ces stries particulièrement nettes sur l'améthyste du Brésil (*Fortifications-*

artige Streifungen de Quenstedt) et qui indiquent les faces p.

Sur deux des arêtes culminantes pp, ce cristal présente une surface assez large ($1^{mm},5$ environ), plane et terne, qui est

Fig. 4.



Projection du cristal sur a^1.

un b^x. Mesurées au goniomètre d'application, les incidences de ces faces sur les p adjacents sont **126°30′** et **148°**; la face déjà connue $b^{\frac{3}{2}}$ fait avec les p adjacents les angles calculés **126°36′** et **147°39′**. Ce cristal possède en outre la face *très rare* a^1, terne et rugueuse, mais bien développée (elle a environ 4^{mm} sur 5^{mm} de surface). Enfin, au bas de la plus grande des faces $e^{\frac{1}{2}}$, on observe une face e^x faisant avec $e^{\frac{1}{2}}$ un angle mesuré d'environ **153°**, qui est, par conséquent, $e^{\frac{7}{5}}$, cette dernière faisant avec $e^{\frac{1}{2}}$ l'angle calculé **152°55′**.

Les stries d'accroissement des faces p sont parallèles aux arêtes $pb^{\frac{3}{2}}$ et $pe^{\frac{1}{2}}$; sur une de ces faces p, on constate aussi le parallélisme avec l'arête pa^1, ce qui montre l'existence de a^1 sur les encapuchonnements qui se sont successivement produits; cette face n'est donc pas due à l'usure de la pointe de la pyramide, non plus qu'à un arrêt de développement contre une surface à peu près plane.

En résumé, cette pointe de cristal d'améthyste offre la réunion des faces $pe^{\frac{1}{2}}e^{\frac{7}{5}}e^2b^{\frac{3}{2}}a^1$.

Sur une face Γ_1 observée sur un cristal de quartz du Valais par M. Termier;

Par M. Ferdinand Gonnard.

Dans une Note relative à un curieux cristal de quartz du Valais étudié par M. Termier, ce savant a, entre autres faces nouvelles, signalé une face qu'il désigne par la lettre grecque majuscule Γ avec l'indice 1. Il lui a assigné le symbole compliqué $(32.\overline{15}.\overline{17}.62)$ en notations Bravais, soit $(37.5.20)$ en notations Miller.

Γ_1 fait avec p l'angle calculé $151°44'$ et avec $e^{\frac{1}{2}}$ l'angle $162°11'$; l'angle $p\Gamma_1$ mesuré par M. Termier est $151°46'$.

De mon côté, j'ai également signalé sur un cristal de quartz de Meylan une face de la même zone que Γ_1, que j'ai désignée par la lettre γ_0, et dont l'angle $p\gamma_0$, mesuré par moi, est $151°40'$. En partant des valeurs d'angles calculées $pH_2 = 168°56'$ (Des Cloizeaux), $pH_5 = 160°22'$ (Gonnard), et de la valeur d'angle mesurée $p\gamma_0 = 151°40'$, j'ai obtenu pour γ_0, par la formule des faces tautozonales, le symbole $(42\overline{1})$ en Miller, soit $(23\overline{5}5)$ en Bravais.

Mais, par une erreur de copie, c'est son inverse que j'ai inscrit sous la lettre γ_0 entre les faces $\gamma(82\overline{1})$ de Des Cloizeaux et $H_5(62\overline{1})$ signalée par moi sur le quartz de Meylan, tandis que cette face, que je crois préférable de désigner comme plusieurs autres de la même zone par la lettre grecque minuscule γ_0, puisqu'il y a déjà une face γ_1 de Des Cloizeaux, et afin d'éviter des confusions entre Γ_1 et γ_1, doit s'intercaler entre les faces $\xi_1(17.8.\overline{4})$ de M. Termier et $\xi_2(19.10.\overline{5})$ de moi.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, γ_0 et Γ_1 sont la même face.

Dans le Tableau que je donne ci-après des vingt faces connues appartenant aux plagièdres de la zone $c^{\frac{1}{2}}se^2$, supérieurs

à la face rhombique **s**, on remarquera, entre autres, la simplicité des symboles des faces **H**, H_0, H_1, H_2, γ, H_5, ξ, γ_0, β_1, et que les faces H_2, γ, H_5 et ξ ont leurs inverses.

H — $(17.2.\bar{1})$	$pH = 172^{\circ}.46'$	$e^{\frac{1}{2}}H = 140^{\circ}.58'$	Des Cloize
H_0 — $(15.2.\bar{1})$	$pH_0 = 171.49$	$e^{\frac{1}{2}}H_0 = 141.55$	Gonnard
H_1 — $(14.2.\bar{1})$	$pH_1 = 171.15$	$e^{\frac{1}{2}}H_1 = 142.29$	Des Cloize
H_2 — $(11.2.\bar{1})$	$pH_2 = 168.56$	$e^{\frac{1}{2}}H_2 = 144.48$	Idem
H_4 — $(42.10.\bar{5})$	$pH_4 = 165.39$	$e^{\frac{1}{2}}H_4 = 148.\ 5$	Gonnard
γ — $(8.2.\bar{1})$	$p\gamma = 164.58$	$e^{\frac{1}{2}}\gamma = 148.46$	Des Cloize
Inverse de γ_0			
non observé $(33.10.\bar{5})$	avec $p = 162.\ 1$	avec $e^{\frac{1}{2}} = 151.44$	
H_5 — $(6.2.\bar{1})$	$-pH_5 = 160.22$	$e^{\frac{1}{2}}H_5 = 153.22$	Gonnard
H_6 — $(21.8.\bar{4})$	$-pH_6 = 157.51$	$e^{\frac{1}{2}}H_6 = 155.53$	Idem
ξ — $(52\bar{1})$	$p\xi = 156.52$	$e^{\frac{1}{2}}\xi = 156.52$	Des Cloize
ξ_1 — $(17.8.\bar{4})$	$p\xi_1 = 153.23$	$e^{\frac{1}{2}}\xi_1 = 160.21$	Termier
Γ_1 (ou γ_0) — $42\bar{1})$	$p\Gamma_1 = 151.44$	$e^{\frac{1}{2}}\Gamma_1 = 162.\ 1$	Idem
ξ_2 — $(19.10.\bar{5})$	$p\xi_2 = 150.46$	$e^{\frac{1}{2}}\xi_2 = 162.58$	Gonnard
ξ_3 — $(18.10.\bar{5})$	$p\xi_3 = 149.28$	$e^{\frac{1}{2}}\xi_3 = 164.16$	Idem
γ_1 — $(74\bar{2})$	$p\gamma_1 = 148.46$	$e^{\frac{1}{2}}\gamma_1 = 164.58$	Des Cloize
ξ_4 — $(16.10.\bar{5})$	$p\xi_4 = 146.30$	$e^{\frac{1}{2}}\xi_4 = 167.14$	Gonnard
β_1 — $(32\bar{1})$	$p\beta_1 = 144.49$	$e^{\frac{1}{2}}\beta_1 = 168.55$	Vom Rath
β — $(20.14.\bar{7})$	$p\beta = 143.31$	$e^{\frac{1}{2}}\beta = 170.13$	Des Cloize
γ_4 — $(54\bar{2})$	$p\gamma_4 = 139.54$	$e^{\frac{1}{2}}\gamma_4 = 173.50$	Gonnard
β_5 — $(12.10.\bar{5})$	$p\beta_5 = 138.47$	$e^{\frac{1}{2}}\beta_5 = 174.57$	Idem
β_6 — $(11.10.\bar{5})$	$p\beta_6 = 136.23$	$e^{\frac{1}{2}}\beta_6 = 177.21$	Idem

Minéraux nouveaux.

Hackmanite. — Ce métal appartient au groupe de la sodalite et se présente en cristaux de couleur rouge violacé ayant la forme du dodécaèdre rhomboïdal. Sa densité est de 3,32 à 3,33 et sa dureté est voisine de 5. L'indice de réfraction pour la lumière du sodium est de 1,4868.

La composition est la suivante :

SiO^2 36,99; Al^2O^3 31,77; Fe^2O^3 0,17; CaO 0,5; Na^2O 25,84; K^2O 0,16; Cl 6,44; S 0,39;
Total 101,81 moins 1,64 pour Cl = 100,17.

La formule $Na^4[Al(SNa)]Al^2(SiO^4)^3$ représente ces résultats.

La hackmanite se dissout dans l'acide chlorhydrique. Elle a été trouvée dans la presqu'île de Kola et a été dédiée à M. Hackman qui a fait une exploration dans celle-ci en 1891 (Léon-H. Borgström, *Geol. Fören. Förhandl.*, Bd XXIII, p. 563).

Serendibite. — La serendibite est un borosilicate d'alumine, de chaux, de magnésie, de fer et d'alcalis, ces derniers étant en faible quantité. Elle est de couleur bleue et est très polychroïque. Sa densité est de 3,42 et sa dureté de 7. Les propriétés optiques du minéral montrent qu'il est probablement triclinique et qu'il présente les macles polysynthétiques de l'albite. La biréfringence est faible. Des cristaux distincts n'ont pas pu être isolés; le minéral se trouve en effet en grains dans une roche de contact d'une granulite et d'un calcaire près de Gangapiliya, à 12 milles de Candie (G.-J. Prior et A.-K. Coomara-Swamy, *Cent. f. Min. Geol. und Pal.*, 1902, p. 186). La communication sur ce minéral a été faite à la Société minéralogique de Londres (séance du 4 février 1902). La description sera complétée dans le *Bulletin* lorsque le Journal de cette Société sera publié.

Compte rendu des publications étrangères.

O.-A. Derby. — Sur un gisement de monazite dans un minerai de fer et dans du graphite (*Am. Journ. of Sc.*, 4e série, vol. XIII, p. 211, mars 1902).

La monazite, le corindon, le zircon se trouvent en grains très petits dans de la magnétite et de l'ilménite provenant de Catita (État de Espirito Santo, Brésil). Le graphite de la région traversée par la rivière Jaquitinhonha (Minas Geraes) contient des cristaux microscopiques de monazite et de zircon. Le graphite d'un autre gisement, celui de São Fidelis (Rio-de-Janeiro) renferme aussi des grains de monazite.

G.-Chr. Hoffmann. — Sur un gisement de chromopicotite au Canada (*Ibid.*, p. 242).

La chromopicotite se trouve en grande quantité dans des filons traversant des roches volcaniques miocènes, à Scottie Creek, district de Lillooet (Colombie britannique). Le minéral est associé à de la serpentine, à du feldspath et à du quartz. L'analyse a donné les résultats suivants :

Cr^2O^3, 55,90; Al^2O^3, 13,83; FeO, 14,64; MgO, 15,01; Silice, 0,60. — Total, 99,98.

Le Secrétaire, gérant :
Paul GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 4.

Compte rendu de la séance du 10 avril 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société : M. GROULT-DEYROLLE, naturaliste, demeurant à Paris, 26, rue du Bac, présenté dans la séance précédente par MM. A. Lacroix et Gaubert.

M. le PRÉSIDENT annonce une présentation.

M. le PRÉSIDENT communique à la Société qu'un comité va se constituer pour élever un monument aux deux frères Hauÿ.

M. WYROUBOFF fait les Communications suivantes :

Sur la forme cristalline de l'oxalate de didyme;

Par M. G. Wyrouboff.

Dans un des derniers numéros du *Bulletin,* j'ai donné les constantes cristallographiques des oxalates de cérium et de lanthane [1]. Je n'avais pas eu à cette époque de cristaux déterminables du sel de didyme. J'ai obtenu depuis, en laissant s'évaporer lentement à l'air les eaux mères qui avaient servi à la préparation du sel de M. Clève

$$3(DiOC^2O^3)2NO^3H, 11H^2O,$$

que j'ai décrit dans la même Note, de très beaux cristaux d'oxalate de didyme dont quelques-uns avaient plusieurs millimètres de côté. Ils sont, comme composition et comme forme, parfaitement isomorphes avec les composés de cérium et de lanthane. Leur formule est $3(DiOC^2O^3)11H^2O$, et l'analyse m'a donné :

	Calculé.	Trouvé.
$3DiO$	44,58	43,51
$3C^2O^3$	28,91	28,55
$11H^2O$	26,51	25,94 p. diff.
	100,00	100,00

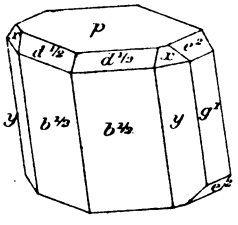
La concordance entre le calcul et l'expérience n'est pas très satisfaisante, mais cela tient à ce que j'ai pris pour base du calcul Di = 94 et que mon didyme était en réalité très impur. Il provenait des queues de nombreux fractionnements des nitrates doubles entrepris dans le but de séparer le lanthane et le proséodidyme. Ces dernières fractions étaient complète-

[1] *Bull. Soc. Min.*, t. XXIV, 1901, p. 110.

ment exemptes de lanthane, ne renfermaient que peu de prosèodidyme, car l'oxyde calciné était très faiblement coloré, et peut-être des traces de terres de l'yttria dont la plus grande partie avait été préalablement enlevée, par une série de traitements au sulfate de potasse. En revanche elles contenaient de notables quantités de samarium qu'on pouvait reconnaître non seulement à l'intensité de ses raies caractéristiques, mais encore à la couleur nettement jaunâtre des sels. J'ai pris le poids atomique de ce didyme en transformant l'oxyde en sulfate, procédé très défectueux, je le sais, quoique trop souvent employé, mais suffisant, en somme, lorsqu'on ne tient qu'à une valeur approximative. J'ai trouvé Di = 98 en chiffres ronds, et l'analyse devient

$3\,DiO$	45,24
$3\,C^2O^3$	28,57
$11\,H^2O$	26,19
	100,00

nombres très voisins des nombres trouvés. La forme des cristaux est clinorhombique avec les faces $p(001)$, $g^1(010)$, $e^2(012)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$, $x(121)$ et $y(\bar{1}21)$. Ils sont presque



toujours allongés suivant la zone $b^{\frac{1}{2}}g^1(\bar{1}11\,010)$ comme le montre la figure. Il y a un clivage parfait à éclat un peu nacré suivant $g^1(010)$. Ce clivage, que je n'avais pas signalé

dans ma précédente Note, existe aussi dans les sels de cérium et de lanthane.

$$1.0693 : 1 : 2,1346; \quad \gamma = 92^\circ 47'.$$

Angles.	Calculés.	Mesurés.	Ce.	La.
$d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{2}} (1\bar{1}1\ 111)$	° ′ »	° ′ *93.46	° ′ 93.14	° ′ 93.12
$d^{\frac{1}{2}} p$ (111 001)	110.34	110.34	113.30	110. 6
$b^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}} (\bar{1}\bar{1}1\ \bar{1}11)$	»	*91.32	88.46	91.16
$b^{\frac{1}{2}} p$ ($\bar{1}$11 001)	»	*107.12	107.25	107.16
$e^2 p$ (012 001)	133.10	133. 4	»	»
$e^2 e^2$ (0$\bar{1}$2 012)	86.20	»	»	»
xx (1$\bar{2}$1 121)	56.12	»	»	»
xp (121 001)	103. 7	103.14	»	»
xe^2 (121 012)	143	142.52	»	»
yy ($\bar{1}\bar{2}1\ \bar{1}21$)	54.22	»	»	»
yp ($\bar{1}$21 001)	100.52	100.56	»	»

Le plan des axes optiques et la bissectrice aiguë négative sont perpendiculaires au plan de symétrie. La bissectrice obtuse fait un angle de 18° avec l'axe vertical dans γ aigu. La biréfringence est très forte; je n'ai pas pu déterminer le sens de la dispersion, qui est en tout cas très faible : $2H_a = 89^\circ$.

On voit tout de suite qu'en prenant $e^2(012) = e^1(011)$, et par conséquent les octaèdres $b^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{2}}(111) = b^{\frac{1}{4}} d^{\frac{1}{4}}(221)$ et $xy(121) = (241)$, on a

$$1,0693 : 1 : 1,0673,$$

c'est-à-dire une forme très voisine du cube et en tout cas quasi quadratique, la bissectrice aiguë se confondant avec l'axe quasi quaternaire.

On remarquera qu'entre l'oxalo-nitrate de M. Clève et les oxalates de Ce, La, Di il n'y a de différence que dans la simple

addition de $2(NO^3H)$, sans aucune élimination d'eau. On a en effet

$$3(DiOC^2O^3)2NO^3H, 11H^2O \text{ sel de M. Clève.}$$
$$3(ROC^2O^3)11H^2O \text{ oxalates de Ce, La, Di.}$$

Il est donc fort probable que le corps de M. Clève appartient à la catégorie de ces composés dont on connaît un grand nombre en Chimie organique et dont j'ai décrit quelques exemples à l'occasion de mes recherches sur le pouvoir rotatoire des solutions, dans lesquels l'alcool ou tout autre dissolvant s'ajoute simplement à l'hydrate. Il a tous les caractères habituels de cette sorte de composés; il est éminemment instable, perd son acide nitrique à l'air et est complètement décomposé par l'eau, même à froid.

Encore quelques mots sur la réaction de M. Meigen;

Par M. G. Wyrouboff.

Dans le dernier numéro de son journal [1], M. Panebianco a étudié avec détail le fait si intéressant signalé par M. Meigen et sur lequel j'ai appelé l'attention de la Société. Dans une note placée au bas de la première page de cette étude, M. Panebianco cite mes observations et ajoute que j'ai tiré des conclusions théoriques, « évidemment sans avoir vérifié la réaction ». Cette Note me frappa beaucoup, non pas par son caractère quelque peu tranchant, — je crois avoir acquis depuis longtemps le droit de ne pas me préoccuper de semblables accusations de légèreté, — mais parce que je pensais trouver

---

[1] *Rivista di Mineralogia e Cristallografia*, t. XXVIII, 1902, p. 5.

dans les pages suivantes quelques faits nouveaux inaperçus par les nombreux savants qui ont refait l'expérience de M. Meigen. Mon désappointement a donc été très grand lorsque, après avoir lu l'étude de M. Panebianco, je fus obligé de constater que les faits qu'il apportait n'avaient aucune espèce de portée, que les conclusions que j'avais tirées demeuraient dans leur intégrité, et que quelques-unes de ses affirmations dénotaient des notions bien singulières sur les échanges chimiques.

M. Meigen avait dit que les poudres fines de calcite et d'aragonite chauffées pendant quelques minutes en présence d'une solution diluée de nitrate de cobalt se comportaient de façons fort différentes : la calcite restait incolore, l'aragonite devenait nettement violette. La réaction ne pouvant manifestement se faire que par l'intermédiaire du dissolvant et la solubilite des deux formes du carbonate de chaux étant à peu près la même, j'en avais conclu que ce ne sont pas les molécules chimiques, mais les particules cristallines, qui passent dans le liquide lorsque le corps se dissout. Si ces particules sont très stables, comme dans le cas de la calcite, aucune réaction ne se produit ; si elles sont instables, comme dans le cas de l'aragonite, une action chimique se manifeste.

M. Panebianco constate que les faits annoncés par M. Meigen se passent bien ainsi dans les premiers instants, mais qu'au bout d'une minute la calcite elle-même prend une teinte azurée qui augmente de plus en plus lorsqu'on continue l'ébullition. Cette teinte ne ressemble d'ailleurs pas à la teinte violette que l'aragonite prend dans les mêmes conditions. Ceci revient à dire qu'en présence du nitrate de cobalt la calcite et l'aragonite se comportent de façons différentes, ce qui confirme l'expérience de M. Meigen et legitime la conclusion que j'en avais tirée. Le seul fait nouveau qu'apporte M. Panebianco, c'est qu'à la longue la calcite elle-même réagit sur le

nitrate de cobalt, ce qui n'a rien d'étonnant, du reste. Si grande que soit la stabilité de la particule de calcite, cette stabilité n'est que relative et la particule se transforme soit en aragonite, soit plus probablement en quelqu'une des autres formes signalées dans le carbonate de chaux. Peut-être se produit-il de la ktypéite, car les pisolithes dans lesquelles cette forme a été trouvée se déposent précisément dans de l'eau constamment maintenue à haute température. Que se passe-t-il dans l'expérience de M. Meigen et quels sont les corps violets ou bleus qui se déposent? Nous ne le savons pas au juste; mais il est certain du moins que ces corps n'ont rien de commun avec l'étrange conception que s'en fait M. Panebianco, qui admet l'existence *d'un carbonate saturé de cobalt* à différents états d'hydratation. Dans la réaction, il se dégage de grandes quantités d'acide carbonique, comme M. Panebianco le constate lui-même, en plusieurs passages de son Mémoire; le simple bon sens indique donc que l'équation

$$Co^3Ca + N^2O^6Co = N^2O^6Ca + Co^3Co$$

n'est pas possible et qu'il doit se former un carbonate plus ou moins basique, comme M. Meigen l'avait admis.

Sur quelques oxalates de glucine;

Par M. G. Wyrouboff.

Contrairement à l'opinion du grand nombre, j'estime que l'intéressante question de la valence de la glucine reste ouverte. Tous ceux, et ils sont l'immense majorité, qui croient comme à un dogme sacré à la fameuse classification périodique admettent sans hésitation la formule GlO; mais il est des

réfractaires, et je suis du nombre, qui ne considèrent cette classification que comme un ingénieux paradoxe et qui penchent volontiers vers la formule Gl^2O^3, tout en convenant qu'on ne peut encore la considérer comme définitivement établie.

Il y a de cela quelques années, MM. Rosenheim et Woge ont publié un important Mémoire [1] sur la question et ont conclu, une fois de plus, à la bivalence du glucinium. Ce travail contient des considérations théoriques que je ne crois pas acceptables, et de nombreux faits expérimentaux sur quelques-uns desquels mes observations ne concordent pas avec celles de ces savants.

Les arguments invoqués par MM. Rosenheim et Woge en faveur de leur manière de voir sont de plusieurs ordres. La glucine fait avec l'acide oxalique des combinaisons qui sont de véritables sels simples ou doubles, alors que tous les sesquioxydes donnent des oxalates à caractère complexe. Elle fait en revanche, avec l'acide tartrique, des combinaisons complexes, tandis que les tartrates des sesquioxydes sont des sels parfaitement normaux. Elle ne donne pas, comme l'alumine, l'oxyde de fer et l'oxyde de chrome, des molybdates de la forme $12MoO^3\overset{III}{R^2}O^3\,3\overset{II}{R^2}O$. Enfin elle forme avec les bisulfites alcalins des composés doubles inconnus pour les sesquioxydes. MM. Rosenheim et Woge ont aussi déterminé la conductibilité électrique et le point d'ébullition des solutions de quelques composés de glucine et trouvé des résultats qui concordent avec la formule GlO. Je vais examiner rapidement la valeur de ces arguments.

Pourquoi l'oxalate de glucine ne serait-il pas un corps *complexe?* MM. Rosenheim et Woge affirment, ce qui est parfaitement vrai, que la glucine y est entièrement précipitée

---

(1) *Z. f. an. Ch.*, t. XV, 1897, p. 283.

par l'ammoniaque, mais ils ajoutent, ce qui est tout à fait inexact, que dans les oxalates des sesquioxydes ce réactif ne précipite pas l'oxyde. J'ai montré par des expériences précises ([1]) que l'alumine était presque entièrement précipitée à froid et le fer précipité intégralement; seul l'oxyde de chrome résiste à l'action de l'ammoniaque, très probablement par suite de formation de combinaisons chromammoniées qui sont, comme on sait, très stables. Mais j'ai montré aussi que le précipité produit par l'ammoniaque dans la solution des oxalates n'était pas de l'hydroxyde, *qu'il renfermait toujours de l'acide oxalique.* C'est en cela que se manifeste la nature complexe de ces composés. Or la glucine se comporte exactement de la même façon; précipitée par l'ammoniaque, *elle renferme toujours de l'acide oxalique,* comme il est facile de s'en convaincre en la redissolvant, après lavage dans l'acide sulfurique faible, et titrant au permanganate. Sous ce rapport il n'y a donc entre la glucine et les sesquioxydes aucune différence essentielle, et l'argument tombe de lui-même. Il faut remarquer pourtant qu'il existe une différence notable d'une autre nature. Les oxalates complexes des sesquioxydes sont, comme on sait, incristallisables, et j'ai fait voir ([2]) que, lorsqu'ils cristallisaient, ils constituaient des sels normaux: l'oxalate de glucine cristallisant avec une rare facilité — on trouvera plus loin la description de sa forme cristalline — semble se comporter sous ce rapport comme un composé simple. Mais l'oxalate de chrome, le seul qui soit cristallisable parmi les oxalates des sesquioxydes, est complètement insoluble; il ne ressemble donc à aucun degré à l'oxalate de glucine, qui est excessivement soluble, ce qui le distingue, soit dit en passant, de tous les oxalates des monoxydes bivalents. Il faut conclure

---

([1]) *Bull. Soc. Min.*, t. XXIII, 1900. p. 69.
([2]) *Bull. Soc. Min.* t. XXIV, 1901, p. 86.

de là que l'oxalate de glucine est un composé complexe, mais d'une autre nature que les composés incristallisables de Fe^2O^3, Cr^2O^3, Al^2O^3. Lorsqu'on le chauffe à 110° il garde 3^{mol} d'eau et devient par conséquent $Gl^2O^3 3C^2O^4H^2$ ou $Gl^2(OH)^6 3C^2O^2$, tandis que le composé de chrome garde $4H^2O$ et a la composition

$$Cr^2O^2(OH)^2 3C^2O^4H^2.$$

On peut donc dire que l'hydroxyde $Gl^2(OH)^6$ fonctionne dans ces conditions autrement que les hydroxydes $Cr^2(OH)^6$, $Fe^2(OH)^6$, $Al^2(OH)^6$, de même que le premier de ces trois incontestables sesquioxydes fonctionne autrement que les deux autres, puisque seul il donne un oxalate cristallisable; mais il n'est pas permis d'en tirer un argument contre la trivalence du glucinium. MM. Rosenheim et Woge ont décrit aussi un oxalate acide très bien cristallisé de la forme

$$(Gl^2O^3 3C^2O^3)^2 3C^2O^4H^2, 15H^2O.$$

Un semblable type de composé n'existe en effet pas pour les sesquioxydes, mais sous la forme $(Gl O C^2O^3)^2 C^2O^4H^2$, $5H^2O$, il n'existe pas davantage pour aucun des monoxydes mono- ou bivalents. La glucine aurait donc à ce point de vue une situation tout à fait particulière, mais j'ajoute que, malgré de nombreuses tentatives, je n'ai jamais pu reproduire ce corps. Par refroidissement ou par évaporation à des températures de 12° à 35° et avec des excès très variables d'acide oxalique, j'ai toujours eu un mélange de cristaux de l'oxalate neutre et d'acide oxalique, facilement reconnaissables par leurs formes lorsqu'ils sont d'une certaine dimension et au microscope polarisant par la grande différence de leur biréfringence. Du reste, les deux dosages de l'acide oxalique faits par MM. Rosenheim et Woge diffèrent entre eux de deux centièmes (56,16-58,02), écart tout à fait inadmissible si le corps avait été homogène.

Le tartrate de glucine est, d'après les auteurs que je cite, un corps complexe, et pourtant ils reconnaissent que l'ammoniaque en précipite complètement la glucine. Nous nous trouvons ainsi en présence de ce fait singulier qu'un argument donné comme valable dans le cas de l'oxalate se trouve avoir perdu toute valeur dans le cas du tartrate. Ce qui est plus inattendu encore, c'est que MM. Rosenheim et Woge, pour soutenir leur opinion, se trouvent obligés d'affirmer que les tartrates des sesquioxydes ne sont pas des corps complexes. Or, tout le monde sait que l'acide tartrique empêche complètement la précipitation du fer, de l'alumine et du chrome par l'ammoniaque, la potasse et même le sulfhydrate d'ammoniaque; on sait aussi que la présence de sesquioxydes change complètement le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique. enfin, M. Baudran [1] a montré que les tartrates des sesquioxydes pouvaient, dans certaines conditions, être obtenus à l'état cristallisé, et qu'ils donnaient avec les tartrates alcalins de véritables émétiques. C'est ainsi que la croyance trop absolue aux hypothèses à la mode amène insensiblement à nier les faits les plus incontestables et les mieux établis. Si donc le tartrate de glucine est un corps complexe, ce qui ne paraît pas douteux, puisqu'il n'est précipité ni par les sels potassiques, ni par les sels calciques, le second argument de MM. Rosenheim et Woge contre la trivalence du glucinium n'est pas plus valable que le premier.

La non-formation d'un acide glucino-molybdique dans les conditions dans lesquelles se produisent les composés découverts par Struve est sans doute un fait fort intéressant, mais un fait négatif n'a qu'une valeur très relative; s'il en était autrement, la non-existence d'un alun de glucine eût depuis longtemps tranché sans réplique la question de sa valence.

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (7), t. XIX, p. 535, 1900.

Rien ne démontre, du reste, qu'on ne puisse pas obtenir les sels glucino-molybdiques par d'autres procédés que ceux qui ont été employés et qui sont peu rationnels. On sait actuellement que l'acide silico-tungstique et les acides analogues sont des produits de condensation, non de l'acide tungstique, mais de l'acide métatungstique; que dès lors les paratungstates

$$12\,TuO^3, 5R^2O$$

ne peuvent les donner que lorsque, par l'action combinée de la chaleur et d'un acide ClH, NO^3H, on les a préalablement transformés en métatungstates. La même chose se produit très vraisemblablement avec les composés du molybdène, si peu étudiés encore. Or c'est précisément les paramolybdates

$$12\,MoO^3, 5R^2O$$

dont on s'est servi pour préparer les glucino-molybdates, et si l'on a pu avoir par ce procédé, en très petite quantité d'ailleurs et après une très longue ébullition, des combinaisons avec les sesquioxydes, c'est que ces combinaisons, contrairement à ce que l'on observe avec les silico-tungstates, sont fort peu solubles et s'éliminent facilement de la solution.

Enfin, comme dernier argument chimique contre la trivalence du glucinium, MM. Rosenheim et Woge citent l'existence de combinaisons du sulfite de glucine avec les sulfites alcalins, de semblables combinaisons n'existant pas pour les vrais sesquioxydes. Il eût été plus exact de dire qu'elles n'avaient pas été préparées, car, au moment même où paraissait le Mémoire des deux savants, M. Recoura décrivait une combinaison éminemment complexe de sulfite de chrome et de sulfite de soude [1]. La combinaison glucinique est-elle complexe aussi? MM. Rosenheim et Woge ne le disent point, et je le regrette.

[1] *Bull. Soc. Chim.*, (3), t. XIX, 1897, p. 168.

Cet examen rapide nous montre, d'une façon très évidente selon moi, qu'aucun des arguments d'ordre *chimique* invoqués par MM. Rosenheim et Woge ne porte et ne peut être mis en parallèle avec les arguments positifs : l'isomorphisme des silico-tungstates, les silicates glucino-alcalins (Hautefeuille et Perrey) et le carbure de glucinium de M. Lebeau. Je sais bien que cette dernière formule a été transformée par M. Henry en formule bivalente Gl^2C au moyen d'un de ces artifices ingénieux qui rappellent la célèbre boutade de Voltaire dérivant cheval de ἵππος en changeant ἵπ en *che* et πος en *val*. Le carbure de glucinium produit au contact de l'eau du méthane comme le carbure d'aluminium : si les corps R^2C peuvent en produire aussi, pourquoi le carbure de calcium donne-t-il de l'acétylène, et si les corps de même composition, en réagissant sur un même composé dans des conditions identiques, peuvent donner des produits absolument différents, quel sens peuvent avoir les formules chimiques?

MM. Rosenheim et Woge ont tenu à renforcer leur argumentation par des expériences physico-chimiques, si fort à la mode aujourd'hui. Je ne cite que pour mémoire cette partie de leur travail, car j'estime que, si des expériences de cet ordre peuvent à la rigueur confirmer des conclusions tirées de l'étude chimique, elles ne sauraient en aucun cas avoir une valeur intrinsèque. Chaleur spécifique, densité de vapeur, cryoscopie, ébullioscopie, résistances électriques sont à coup sûr des propriétés extrêmement intéressantes, mais elles n'ont abouti provisoirement qu'à des règles empiriques sur la valeur desquelles on n'est pas bien d'accord et qui ne sont reliées entre elles que par des hypothèses la plupart du temps invérifiables. Ces règles sont, de plus, manifestement contradictoires, et j'en citerai ici un exemple parce qu'il se rapporte justement à la glucine. La chaleur spécifique du glucinium, déterminée par MM. Nilson et Petterson, conduit sans aucune

ambiguïté à la formule Gl^2O^3; la densité de vapeur du chlorure mesurée par les mêmes savants donne nettement la formule GlO. Entre la loi de Dulong et Petit et l'hypothèse d'Avogadro, que faut-il choisir? On choisit naturellement l'hypothèse, car, dans le cas présent, c'est elle qui concorde avec le système périodique. Je n'ai rien à objecter à cet abandon d'une loi considérée jadis comme un des piliers fondamentaux de la chimie atomique; mais alors pourquoi la fait-on revivre avec tant de persistance lorsqu'il s'agit de démontrer la trivalence du cérium et des métaux congénères? Pourquoi? Parce qu'ici la loi est d'accord avec le système. Autant dire que les divers procédés physico-chimiques ne sont imaginés et ne se superposent que pour étayer l'édifice fragile de cette classification qui a la prétention de représenter par une sinusoïde toutes les propriétés de la matière. En présence de toutes ces contradictions et de toutes ces incertitudes, n'est-il pas prudent de dire, comme je l'ai fait au début de cette Note, que la question de la valence du glucinium reste ouverte et demande de nouvelles et plus impartiales recherches?

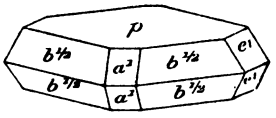
J'ai examiné quelques-uns des composés décrits par MM. Rosenheim et Woge et préparé quelques composés nouveaux; j'ai mesuré ceux d'entre eux qui étaient mesurables. Je vais les passer en revue.

Oxalate de glucine.

$$Gl^2O^3, 3C^2O^3, 9H^2O.$$

C'est la formule donnée par MM. Rosenheim et Woge, et mon analyse la confirme pleinement. Le sel perd à 110° $6H^2O$ (23,70 pour 100); théorie, 23,84. Il est dimorphe et cristallise tantôt en aiguilles tout à fait indéterminables, tantôt en gros cristaux. Si l'on cristallise une goutte sur une lame de verre ou si l'on refroidit une solution chaude et très concentrée, ce

sont les aiguilles qui se forment. Ces aiguilles sont assez stables lorsqu'elles sont à l'état sec, soit en desséchant sur une plaque poreuse, soit en évaporant rapidement la solution concentrée; elles ne se transforment pas si on les met en contact avec un cristal de l'autre forme. Mais, dans la solution et aux températures moyennes, elles disparaissent au bout de quelques heures et sont remplacées par des pyramides assez épaisses qui constituent la seule forme vraiment stable à température ordinaire. Ces pyramides, qui atteignent facilement plusieurs millimètres de côté, appartiennent à la symétrie orthorhombique.



Faces observées : $p(001)$, $e^1(011)$, $a^1(101)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$.

0,8532 : 1 : 1,6625.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
$b^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}} (1\bar{1}1\ 111)$	105°.36′	»
$b^{\frac{1}{2}} a^1 (1\bar{1}1\ 101)$	»	*142.48
$p\ a^1 (001\ 101)$	»	*117.10
$a^1 a^1 (\bar{1}01\ 101)$	54.20	»
$b^{\frac{1}{2}} p\ (111\ 001)$	111.20	111.14
$b^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}} (\bar{1}11\ 111)$	89.26	89.27
$p\ e^1 (001\ 011)$	121. 2	121

Plan des axes optiques parallèle à $g^1(010)$; bissectrice aiguë positive perpendiculaire à $h^1(100)$.

$2V = 84°,26'$, $\beta = 1,4869$. Biréfringence très forte, dispersion inappréciable.

Oxalate de glucine et de potassium.

$Gl^2O^3, 6C^2O^3, 3K^3O$.

MM. Rosenheim et Woge décrivent un sel de potasse avec $3H^2O$ et disent n'avoir obtenu le sel anhydre déjà signalé par Debray que dans des circonstances particulières (en employant en excès l'acide oxalique). J'ai toujours eu, en cristallisant par refroidissement ou par évaporation, même à très basse température (aux environs de 0°), un sel anhydre, en cristaux indéterminables. L'oxalate de glucine et d'ammonium, depuis longtemps décrit et mesuré, est également anhydre à toutes les températures; l'oxalate de glucine et de rubidium que je décris plus loin est dans le même cas :

	Calculé.	Trouvé.
Gl^2O^3.....	9,50	9,32
$6C^2O^3$.....	54,76	54,64
$3K^3O$.....	35,74	35,64
	100,00	99,60

Ce sel est extrêmement intéressant, car il permet d'extraire rapidement la presque totalité de la glucine, même en présence de grandes quantités d'alumine ou d'oxyde de fer. Il est en effet extrêmement peu soluble dans l'eau; à 15°, 100 parties d'eau en dissolvent 1,4 partie, et la solubilité croît très peu avec la température. Or le sel ne renfermant que 10 pour 100 environ de glucine, la solubilité de cette dernière est donc d'un peu plus de 1 pour 1000. On sait, d'autre part, que l'alumine-oxalate et le ferri-oxalate de potassium sont extrêmement solubles.

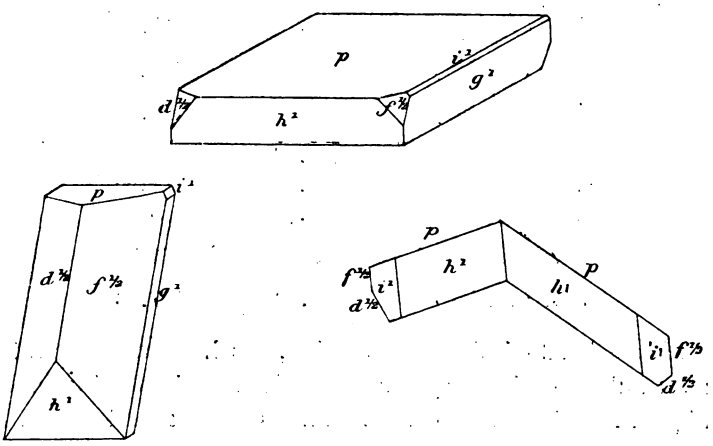
J'ai appliqué ce procédé d'extraction à l'émeraude de Limoges et m'en suis fort bien trouvé. Le minéral fondu avec KOH est repris par ClH; la solution, évaporée à sec et filtrée pour se débarrasser de la silice, est amenée à petit

volume et additionnée d'oxalate de potasse. Il se forme ainsi, au bout de quelque temps, un précipité cristallin qui renferme la glucine sans aucun mélange de fer ou d'alumine. J'appelle l'attention sur ce procédé si rapide et si simple qu'on pourrait peut-être, en l'étudiant de plus près, rendre presque analytique, car on sait quelles difficultés on éprouve par les méthodes actuelles à séparer la glucine de l'alumine.

Oxalate de glucine et de rubidium.

$Gl^2O^3, 6C^2O^3, 3Rb^2O$.

Sel beaucoup plus soluble que le précédent et donnant des cristaux assez nets lorsqu'on cristallise vers 30°. A cette tem-



pérature, 100 parties d'eau en dissolvent 6,9 parties. L'analyse m'a donné :

	Calculé.	Trouvé.
Gl^2O^3	7,03	7,20
$6C^2O^3$	40,50	40,45
$3Rb^2O$	52,47	52,30
	100,00	99,95

Les cristaux, toujours petits, sont tricliniques et d'aspect très variés, comme le montrent les figures; ils sont presque toujours maclés suivant $f^{\frac{1}{2}}$ (111). Les faces sont rarement planes et l'on éprouve beaucoup de difficulté pour avoir des mesures passables. Il n'y a pas de clivage.

Faces observées : p(001), h^1(100), g^1(010)[1], i^1(011), $f^{\frac{1}{2}}$(111), $d^{\frac{1}{2}}$($1\bar{1}1$),

1,0814:1:1,2575.

$h^1\ g^1$(100 010) =	77°.16′	α =	78°.40′
*$p\ g^1$(001 010) =	83.20	β =	86.46
*$p\ h^1$(001 100) =	106.42	γ =	105.40

Angles.	Calculés.	Mesurés.
$d^{\frac{1}{2}} f^{\frac{1}{2}}$ ($1\bar{1}$ 111)	° ′ »	*110°.12′
$f^{\frac{1}{2}} g^1$ (111 010)	»	*116.34
$f^{\frac{1}{2}} p$ (111 001)	»	*128.38
$d^{\frac{1}{2}} p$ ($1\bar{1}$ 001)	129. 5	129
$i^1 p$ (011 001)	124.55	124.50
$i^1 h^1$ (011 100)	90.35	»
$f^{\frac{1}{2}} h^1$ (111 100)	128.44	128.52
$d^{\frac{1}{2}} h^1$ ($1\bar{1}$ 100)	137.48	137.58

Malgré l'analogie de la composition, ce sel, comme on le voit, n'est nullement isomorphe avec le sel ammoniacal clinorhombique mesuré par Senarmont, Rammelsberg et Shadwel (1).

Oxalate de glucine et de sodium

Gl^2O^3, $6C^2O^3$, $3Na^2O$, $3,5H^2O$.

MM. Rosenheim et Woge donnent $3H^2O$. Il est possible que cet hydrate existe et que les cristaux que j'ai analysés étaient

(1) Rammelsberg, *Kryst. Ch.*, II, p. 51.

un mélange de deux hydrates à 3 et $4H^2O$ par exemple, car les chiffres de l'analyse ne sont pas très satisfaisants. Le corps cristallise très difficilement en cristaux tout à fait indéterminables même au microscope. La première analyse se rapporte au sel obtenu par refroidissement, la seconde au sel cristallisé par évaporation à 35°. L'eau n'est chassée que très difficilement et probablement même incomplètement à 120°; la décomposition commence un peu au-dessus de cette température.

	Calculé.		Trouvé.	
	I.	II.	I.	II.
Gl^2O^3.....	9,94	10,06	10,30	10,20
$6C^2O^3$.....	57,13	57,82	56,78	56,88
$3Na^2O$.....	24,60	24,89	24,36	24,40
$3,5H^2O$.....	8,33 $3H^2O$	7,23	7,79	8,02
	100,00	100,00	99,43	99,50

Le sel est peu soluble. A 15°, 100 parties d'eau en dissolvent 3,77 parties.

Oxalate de glucine et de lithium.

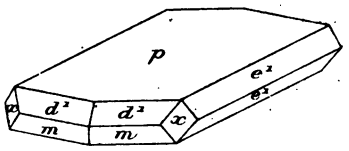
$Gl^2O^3, 6C^2O^3, 3Li^2O, 6H^2O.$

Sel extrêmement soluble et par conséquent fort différent sous ce rapport de tous les sels alcalins. L'analyse m'a donné :

	Calculé.	Trouvé.
Gl^2O^3.....	10,66	10,75
$6C^2O^3$.....	61,26	61,36
$3Li^2O$.....	12,76	12,66
$6H^2O$.....	15,32	15,60
	100,00	100,37

L'eau est facilement chassée à 110°. Ses cristaux clinorhom-

biques ont 3mm à 4mm et se présentent sous forme de minces tables aplaties suivant la base



Faces observées : $m(110)$, $p(001)$, $e'(011)$, $d^1(112)$, $x(121)$

0,6163 : 1 : 1,5445; $\gamma = 91°42'$.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$mm(1\bar{1}0\,110)$.....	»	116.42
$pm(001\,110)$.....	91.27	»
$d^1d^1(1\bar{1}2\,112)$.....	129.12	129.14
$d^1p(112\,001)$.....	125.11	125
$xx(1\bar{2}1\,121)$.....	82.52	»
$xp(121\,001)$.....	105.7	»
$xd^1(121\,112)$.....	153.40	*153.40
$e^1p(011\,001)$.....	»	*122.56
$e'm(01\,110)$.....	»	117

Le plan des axes optiques est parallèle au plan de symétrie. La bissectrice aiguë positive est très inclinée sur la normale à la base dans γ aigu. Les cristaux très minces et très fragiles ne se laissent pas tailler.

Note préliminaire sur une nouvelle espèce minérale;

Par M. A. Lacroix.

En étudiant une collection de roches rapportées au Muséum par M. Alluaud, d'un voyage dans la partie méridionale de Madagascar, j'ai rencontré un minéral qui ne répond à aucune espèce connue.

Ce minéral se trouve dans les granites des falaises d'Andrahomana, près de Fort-Dauphin ; il y forme des masses d'un vert bleuâtre de quelques centimètres de plus grandes dimensions, associées au quartz sous forme de pegmatites.

Le minéral possède deux clivages rectangulaires faisant partie de la zone d'allongement. L'examen de ceux-ci en lumière polarisée montre qu'ils sont respectivement perpendiculaires au plus grand et au plus petit axe de l'ellipsoïde optique; l'extinction se fait suivant la trace de l'axe vertical. Une section perpendiculaire à l'axe vertical est parallèle au plan des axes optiques; l'extinction s'y fait suivant les traces des clivages. Le minéral est donc orthorhombique.

Les clivages sont inégalement faciles : si l'on prend pour h^1 (100) le plus facile et g^1 (010) l'autre, on constate que la bissectrice aiguë négative est perpendiculaire à h^1, le plan des axes optiques étant parallèle à p (001), c'est-à-dire transversal à l'allongement.

La dispersion est très considérable, ($\rho < v$) se manifestant par des couleurs vives qui bordent les hyperboles. Une lame de clivage m'a donné pour l'écartement des axes optiques

$$2E = 49^\circ 35' \text{ (Na)}. \; 52^\circ \text{ (Li)}.$$

Le caractère distinctif qui a appelé immédiatement mon attention sur ce minéral réside dans son pléochroïsme extrê-

mement intense. Dans une lame de $0^{mm},02$ on observe suivant

n_g = vert bleuâtre très pâle,
n_m = incolore,
n_p = bleu vert ;

avec $n_p > n_g > n_m$: dans une plaque de clivage facile ayant $0^{mm},5$ d'épaisseur, le minéral est incolore suivant n_m et d'un vert foncé suivant n_g.

Les valeurs exactes de la biréfringence et de la réfringence, qui sont assez élevées, seront données dans une Note ultérieure, en même temps que la composition chimique.

De premiers essais chimiques indiquent que ce minéral est un silico-aluminate basique de fer, de magnésie, de chaux, avec environ 2 pour 100 d'alcalis. Il est infusible, inattaquable par les acides; sa densité est de 2,99.

Ce minéral paraît devoir se rapprocher du groupe de la saphirine, dont il est d'ailleurs très distinct; je propose de le désigner sous le nom de *grandidierite,* en l'honneur de M. Alfred Grandidier, le savant auquel nous devons tant sur la géographie et l'histoire naturelle de Madagascar.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 5.

Séance du 15 mai 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société : M. VATIN, ingénieur civil des Mines, demeurant à Paris, 24, rue du Champ-de-Mars, présenté par MM. Michel et Termier, dans la séance précédente.

M. le PRÉSIDENT annonce une présentation.

M. le PRÉSIDENT fait part à la Société de la mort de M. A. Cornu, décédé à la Chanssonnerie, près Romorantin, à l'âge de 61 ans. Une notice nécrologique sera publiée dans un des prochains *Bulletins*.

M. PISANI met sous les yeux de la Société des cristaux de chiastolite d'Australie, montrant extérieurement la macle.

M. A. DE GRAMONT décrit les perfectionnements qu'il a apportés aux procédés d'analyse spectrale par l'emploi de la self-induction.

La Société reçoit de M. Viola la Note suivante :

Observation sur la Note de M. A. Cornu;

Par M. C. Viola.

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt la Note de M. Cornu [1] relative à la détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal, parce que ce problème intéresse vivement la Cristallographie et la Minéralogie.

Dans la Note de M. Cornu on relève facilement deux parties séparées du problème, c'est-à-dire :

1° Déterminer l'orientation d'une face plane cristalline en connaissant les directions suivant lesquelles on observe les maxima et les minima des angles de réflexion totale I_x, I_y, I_z, I;

2° Lever l'ambiguïté entre I_y et I en se servant de cette orientation.

Je regrette beaucoup que M. Cornu n'ait pas cité mes diverses publications, qui résolvent complètement le problème de M. Cornu. La méthode employée par ce savant pour déterminer l'orientation de la face cristalline est identique à celle qui a été indiquée et adoptée par moi.

Voilà mes sept publications dans lesquelles j'ai résolu le problème en question :

1° *Sulla determinazione delle costanti ottiche dei cristalli* (*Rendiconti della R. Accad. dei Lincei*, t. I, 1899, p. 276-281).

2° *Ueber die Bestimmung der optischen Constanten eines beliebig orientirten zweiaxigen Krystallschnittes* (*Zeitschrift f. Krystallographie*, t. XXXI, 1899, p. 40-48).

---

[1] A. Cornu, *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 125-131. — *Bulletin de la Société Française de Minéralogie*, t. XXV, 1902, p. 7, 15 et p. 15-30.

3° *Per l'anortite del Vesuvio* (*Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, t. I, 1899, p. 490-497).

4° *Sopra alcuni minerali italiani* (*Ibidem*, t. I, 1899, p. 535-542).

5° *Zur Kenntniss des Anorthits vom Vesuv.* (*Zeitschrift f. Krystallographie*, t. XXXI, 1899, p. 484-498).

6° *Optische Studien über italienische Mineralien* (*Ibidem*, t. XXXII, 1899, p. 113-124).

7° *Feldspathstudien* (*Ibidem*, t. XXXII, 1900, p. 305-337).

Quant à la deuxième partie du problème, je me suis servi de plans de polarisation observés et calculés avec les formules qui entrent dans la première partie du problème. J'ai démontré que, pour lever l'ambiguïté entre I_y et I, on peut tenir compte des plans de polarisation.

Dans une Note qui sera publiée dans le troisième numéro du Tome XXXVI de la *Zeitschrift f. Krystallographie*, je montre que la méthode adoptée par moi reçoit même une simplification inattendue. En effet, les plans de polarisation pour les trois rayons lumineux dans lesquels on mesure les angles I_x, I_y, I_z sont inclinés sur le plan d'incidence; tandis que le plan de polarisation du rayon correspondant à l'angle I est toujours normal sur le plan d'incidence.

On peut donc par ce critérium ôter d'un coup d'œil l'ambiguïté produite par les deux valeurs I_y et I.

Quant à la méthode de M. Cornu pour lever l'ambiguïté dont il s'agit, elle me donne l'occasion précieuse pour une autre publication plus étendue.

Notes cristallographiques sur le quartz;

Par M. F. Gonnard.

1° *Quartz de Baveno.* — Dans une Note de trois pages [*Ueber die in graniten von Baveno vorkommenden mineralien* (*N. Jahrb. f. Min.*, 1877)], le professeur A. Streng a donné quelques indications sommaires sur les nombreux minéraux que recèlent les géodes du granit, et, entre autres, sur le quartz.

Pour le rappeler en passant, les minéraux en question sont les suivants :

1° L'orthose, en magnifiques cristaux simples ou présentant les macles de Karlsbad, de Baveno ou de Four-la-Brouque (Manebach des Allemands);

2° L'albite, qui recouvre souvent l'orthose de cristaux limpides;

3° La babingtonite, signalée par Sella;

4° L'épidote, en petites aiguilles d'un vert foncé;

5° L'axinite, en cristaux faiblement colorés en rouge brun, indiquée par Strüver;

6° Divers micas : biotite, muscovite, lépidolite, etc.;

7° La chlorite;

8° La leuchtenbergite, donnée comme vraisemblable par Molinari;

9° La laumontite, qui recouvre assez fréquemment l'orthose et le quartz d'une poudrure de petits cristaux d'un blanc de lait;

10° et 11° Deux autres zéolites, la stilbite et la chabasie, signalées par Strüver;

12° La datholite, par le même;

13° et 14° La schéélite et l'apatite, également par le même;

15° La prehnite, par Molinari;

16° La gadolinite, par Pisani;

(*Nota.* — Ces sept dernières espèces paraissent fort rares.)

17° La calcite, en cristaux imparfaits;

18° La fluorine, en cristaux simples ou modifiés, se rapportant aux trois types suivants : l'octaèdre, le cube et, d'après Molinari, le dodécaèdre rhomboïdal;

19° L'hyalite, qui recouvre d'un enduit mince, incolore et transparent les cristaux de quartz;

20° L'anatase, en très petits cristaux sur l'orthose du granit blanc;

21° L'oligiste, en lamelles rouges translucides;

22° Enfin, le quartz, objet de cette Note, et qui termine la liste de cette association de minéraux.

Les formes du quartz signalées par Streng sont peu nombreuses; en dehors des dominantes habituelles p, $e^{\frac{1}{2}}$ et e^2, il

Fig. 1.

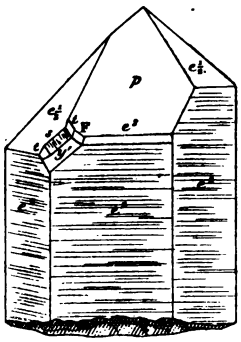
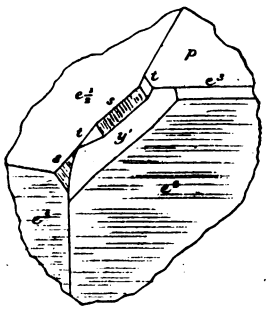


Fig. 2.



ne cite guère que s, très fréquente, souvent accompagnée de t, et quelquefois ξ, soit, en tout, six formes simples.

Rose avait fait remarquer, comme le rappelle Des Cloizeaux dans son Mémoire, cette constance de t sur les prismes du quartz de Baveno. J'ajouterai que, dans la zone pse^2 qui la

contient, il y a fréquemment alternance de t et de s; elle est décelée par les angles rentrants $\widehat{st}$ (*voir* les *fig.* 1, 2, 3 et 4).

Fig. 3.

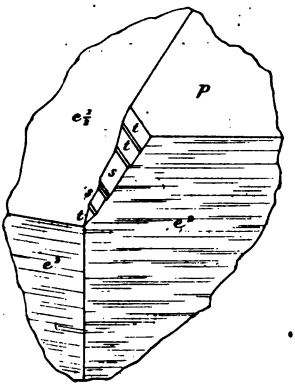
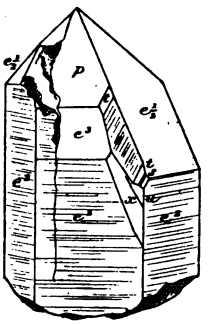


Fig. 4.



Cela paraît même être une particularité caractéristique du quartz de cette localité.

Possédant depuis longtemps quelques échantillons de ce quartz, j'ai pu constater, en dehors des formes précitées, plusieurs autres formes intéressantes. C'est ainsi que, indépendamment de l'isoscéloèdre ξ que je n'ai rencontré qu'une fois, mais très net et très brillant (ce n'était évidemment pas une face de corrosion), j'ai observé plusieurs fois le rhomboèdre direct e^3 et le rhomboèdre inverse $e^{\frac{7}{5}}$, un plagièdre x et, au voisinage de celui-ci, probablement un second, u, plus rare (voir *fig.* 4); mais ce dernier ne m'a pas donné de mesures certaines, et je ne le mentionne qu'avec doute.

Indépendamment de ces formes connues, j'ai déterminé, sur de gros cristaux, de 5^{cm} à 6^{cm} de plus grande dimension, d'abord un plagièdre nouveau, à ma connaissance du moins, très net et très brillant, et qu'à première vue j'ai pris pour le plagièdre x, et, en second lieu, une autre forme indiquée par

des facettes très petites, mais très nettes et miroitantes, situées entre ce nouveau plagièdre et p (voir *fig.* 1), de même que le groupe des faces χ de Des Cloizeaux se trouve entre x et p; cette forme est également nouvelle.

Dans la zone $e^{\frac{1}{2}}se^2$, le plagièdre en question s'intercalant entre x et y et se plaçant plus près de y que de x, je l'ai désignée par y'. Les incidences de $e^{\frac{1}{2}}$ et de p sur y' sont les suivantes :

$e^{\frac{1}{2}}y'$ mesuré $= 126°34'$, moyenne de deux très bonnes mesures,
py' mesuré $= 149°34'$, moyenne de trois bonnes mesures.

La notation de y', calculée à l'aide de la formule des faces tautozonales dans la zone $e^{\frac{1}{2}}se^2$, est

$$(18.\overline{4}.\overline{9}) = (22.5.\overline{27}.5).$$
$$py' \text{ calculé} = 149°25'.$$

Quant aux facettes comprises entre y' et p, et très sensiblement en zone avec ces deux faces, je les représente par la lettre F. L'angle mesuré $p\mathrm{F} = 161°31'$ (bons pointés).

Partant du supplément de cet angle, soit $18°29'$, de celui du rhomboèdre primitif, soit $85°45'$, et de l'angle $\mathrm{F}pp = 117°45'$, obtenu dans le calcul du triangle $y'pp$, on arrive à la notation, à la vérité un peu compliquée,

$$\mathrm{F} = (\overline{56}.10.\overline{17}) = (\overline{22}.9.13.\overline{21}),$$

comprise entre $(\overline{28}.5.\overline{8})(\overline{33}.13.20.\overline{32})$ et $(\overline{28}.5.\overline{9})(\overline{33}.14.19.\overline{31})$, plus simples, mais également l'une et l'autre trop éloignées de la valeur mesurée.

Enfin, sur deux petits cristaux, l'un de 20^{mm} de plus grande dimension, et l'autre de 8^{mm}, j'ai encore reconnu l'existence de faces appartenant à deux trapézoèdres du premier ordre.

Le premier de ces cristaux (voir *fig.* 5) est assemblé à angle droit avec un autre cristal brisé, et le second (voir *fig.* 6) est en partie masqué par d'autres cristaux qui faisaient partie de la même druse. Sur le premier, où la position relative des rhomboèdres p et $e^{\frac{1}{2}}$ est fixée par une face rhombe striée, non

Fig. 5.

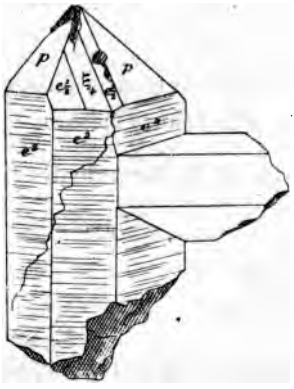
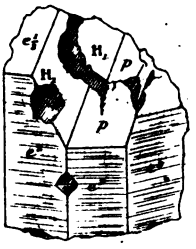


Fig. 6.



visible, est entre ces faces de la pyramide un angle rentrant formé par une face $e^{\frac{1}{2}}$ et une autre face légèrement arrondie et finement striée parallèlement à l'arête $pe^{\frac{1}{2}}$; elle fait avec $e^{\frac{1}{2}}$ un angle de 166°49′ voisin de l'angle que fait ξ_4 avec $e^{\frac{1}{2}}$, et qui, calculé, est égal à 167°14′. Sur l'autre, une assez large face, dont une partie est rejetée à droite par une brisure du cristal, fait avec $e^{\frac{1}{2}}$ et p des angles respectivement égaux à 142°50′ et 171°10′, voisins des angles $e^{\frac{1}{2}}H_1 = 142°29'$ et $pH_1 = 171°15'$ calculés; de même que la précédente, d'ailleurs, cette face est arrondie et striée.

En résumé, les cristaux de quartz des géodes du granit

de Baveno m'ont présenté les formes simples suivantes :

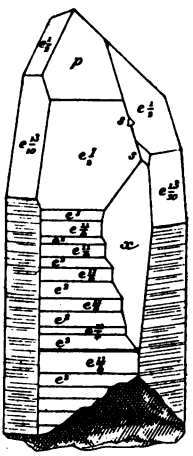
p, e^3, e^2, $e^{\frac{7}{3}}$, $e^{\frac{1}{2}}$, H_1, ξ, ξ_1, s, u (?), y', x, t, F,

parmi lesquelles deux sont nouvelles, savoir : y' et F.

2° *Quartz de Binnen.* — Les gneiss riches en mica de Binnen, dans le Valais, renferment dans leurs fentes, associées à des cristaux d'adulaire, d'oligiste, de magnétite, de pyrite, de wisérine, etc. (voir *Die Minerale der Schweiz,* Leipzig, 1866; par A. Kenngott), des cristaux de quartz remarquables par leur limpidité, le poli et la netteté de leurs faces, ainsi que par la richesse de leurs formes.

J'ai reproduit ci-joint trois de ces cristaux qui m'ont paru

Fig. 7.



mériter un intérêt particulier, non par la nouveauté de quelques-unes de leurs faces, déjà connues et citées par Des Cloizeaux dans son Mémoire ou dans son Manuel, mais par la réunion de rhomboèdres directs ou inverses, regardés par ce savant comme très douteux, douteux ou même simplement

probables, et qui sont ici largement développés (*voir* les *fig.* 1, 2 et 3).

C'est ainsi que le cristal n° 1 présente de grandes faces $e^{\frac{13}{10}}$ qui, d'ailleurs, sont assez fréquentes sur les cristaux du Haut-Valais, et une alternance plusieurs fois répétée de $e^{\frac{7}{2}}$ avec $e^{\frac{11}{4}}$, qui a pour résultat de limiter les faces du plagièdre x par une ligne en escalier.

Fig. 8.

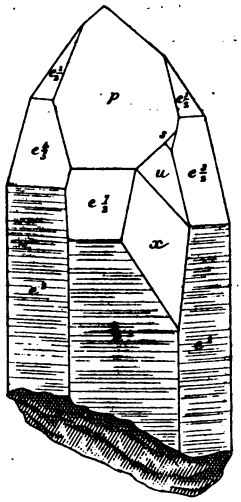
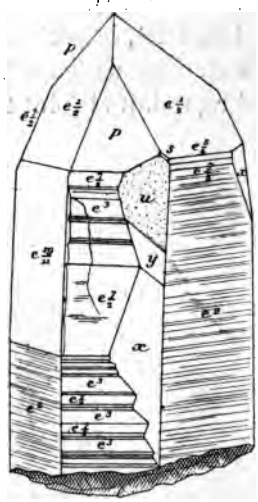


Fig. 9.



Le cristal n° 2 présente la réunion des rhomboèdres inverses $e^{\frac{4}{3}}$ et $e^{\frac{3}{2}}$; ce dernier se trouve aussi, avec son inverse $e^{\frac{11}{4}}$, sur les mêmes cristaux de ce gisement; il offre encore $e^{\frac{7}{2}}$ et, en plus, deux plagièdres u et x de la zone $e^{\frac{1}{2}}se^{2}$.

Enfin, sur le cristal n° 3, on rencontre, très développée, une face du rhomboèdre inverse $e^{\frac{19}{11}}$, regardé comme très douteux par Des Cloizeaux; plus deux inverses de la même

zone, $e^{\frac{5}{4}}$, regardé comme douteux par ce savant, et $e^{\frac{7}{5}}$ non cité par lui dans son Mémoire, mais qui est mentionné dans son Manuel. Dans la zone pe^2, les deux directs $e^{\frac{7}{2}}$ et e^3 alternent plusieurs fois; et dans la zone $e^{\frac{1}{2}}se^2$, les trois plagièdres u, y et x se trouvent réunis. Ces faces sont ternes ou piquetées.

En résumé, ces cristaux offrent la série suivante de formes simples :

$$p,\ e^{\frac{7}{2}},\ e^3,\ e^{\frac{11}{4}},\ e^{\frac{19}{11}},\ e^{\frac{3}{2}},\ e^{\frac{7}{5}},\ e^{\frac{13}{10}},\ e^{\frac{5}{4}},\ e^{\frac{4}{5}},\ e^{\frac{1}{2}},\ s,\ u,\ y \text{ et } x.$$

J'ai obtenu les mesures ci-après que j'inscris en regard des incidences calculées :

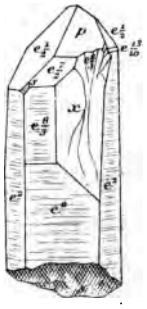
	Mesuré.	Calculé.
$pe^{\frac{7}{2}}$.....	156°.18′	156°.29′
pe^3.....	152.56	152.55
$pe^{\frac{11}{4}}$.....	150.21	150.44
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{19}{11}}$.....	146.16	146.17
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{3}{2}}$.....	151	150.44
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{7}{5}}$.....	152.55	152.55
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{13}{10}}$.....	155.10	155.16
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{5}{4}}$.....	156.21	156.29
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{4}{5}}$.....	168.51	169.29 (1)
$e^{\frac{1}{2}}e^2$.....	141.45	141.47
$e^{\frac{1}{2}}x$.....	125.20	125. 9
e^2x.....	169. 6	169

3° *Quartz du mont Rose.* — Le cristal dont il s'agit ici est très limpide; il a environ 4^{cm} de plus grande dimension. Il est remarquable par le développement de plusieurs faces rares.

(1) Facette striée, mesure approximative.

La position relative de p et de $e^{\frac{1}{2}}$ étant fixée grâce à une face rhombique s finement striée, on constate dans la zone pe^2 l'existence de deux rhomboèdres directs $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{8}{3}}$; ce dernier n'est pas cité dans le Mémoire de Des Cloizeaux; dans la zone $e^{\frac{1}{2}}e^2$ se trouve l'inverse $e^{\frac{13}{10}}$. La face plagièdre x, très large, mais terne et un peu inégale ou parsemée de petites cavités irrégulières, accompagne, au-dessous de deux des faces p, les rhomboèdres $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{8}{3}}$ (*voir* la *fig.* ci-jointe).

Fig. 10.



Les incidences observées et calculées sont les suivantes :

	Mesuré.	Calculé.
$pe^{\frac{7}{2}}$.....	156°.26′	156°.29′
$pe^{\frac{8}{3}}$.....	149.58	149.56
$e^{\frac{7}{2}}x$.....	169. 6	169
$e^{\frac{8}{3}}x$.....	171. 2	171. 7
e^2x.....	110.49	110.48 (sur $e^{\frac{13}{5}}$)
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{13}{10}}$.....	156.18	156.16

4° *Quartz de Traverselle.* — Dans son Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz, Des Cloizeaux a

trouvé occasion de citer fréquemment le quartz de Traverselle; ce sont les cristaux de ce gisement qui sont associés à la magnétite, à la pyrite, à la sidérose, à la dolomie, au gypse, etc., qui lui ont offert le plus grand nombre de modifications nouvelles. Aussi pourrait-on presque dire que cet Ouvrage est une monographie du quartz de Traverselle, avec un certain nombre de données sur celui du Haut-Valais, du Dauphiné, des marbres de Carrare et du Brésil, sans désignation plus précise des localités.

Fig. 11.

Les modifications nouvelles reconnues par ce savant sur le quartz de Traverselle sont surtout des plagièdres supérieurs des zones $e^{\frac{1}{2}}se^2$ et pse^2.

J'ai observé sur un cristal de quartz de Traverselle, que je possède depuis longtemps, le rhomboèdre inverse $e^{\frac{7}{5}}$, que j'ai mentionné plus haut sur un cristal de Baveno, et que Des Cloizeaux ne citait qu'avec doute sur une macle de la Gardette, sur un petit cristal d'Australie et sur quelques cristaux du Brésil. Or, l'échantillon de ma collection offre cette particularité de réunir ce rhomboèdre $e^{\frac{7}{5}}$ et son inverse le rhomboèdre e^3 (*voir* la *fig.* ci-dessus), tous deux également déve-

loppés. Ce cristal, qui a plus de 6^{cm} de longueur, est très régulier de forme; il ne présente aucune particularité permettant de fixer la position relative des deux rhomboèdres principaux p et $e^{\frac{1}{2}}$; mais cela ne présente ici aucun intérêt, vu la précédente remarque. Mesuré avec le goniomètre de contact, l'angle de p avec $e^{\frac{7}{5}}$ ou de $e^{\frac{1}{2}}$ avec e^3 est d'environ 153°, l'angle calculé étant de 152°55′.

Sur un groupe de deux cristaux de la même localité, j'ai observé deux autres rhomboèdres, mais non réunis sur le même cristal, et dont la détermination reste incertaine, rien ne permettant de fixer les positions de p et de $e^{\frac{1}{2}}$. L'un de ces rhomboèdres apparaît par une très large face, de 20^{mm} sur 9^{mm}, terne, mais parfaitement plane; l'angle qu'elle fait avec la face de la pyramide qui est au-dessus, et qui pourrait être p, si le caractère tiré de la prédominance des faces p sur les faces $e^{\frac{1}{2}}$ était certain, est d'environ 156° à 156°30′, très voisin par conséquent de $pe^{\frac{7}{2}} = 156°29'$ calculé, mais ce peut être aussi bien le rhomboèdre $e^{\frac{5}{4}}$ inverse de $e^{\frac{7}{2}}$ (1).

Un autre de ces rhomboèdres, très bien développé également et miroitant, fait avec la face correspondante de la pyramide un angle de 153°; c'est donc encore $e^{\frac{7}{5}}$ ou e^3.

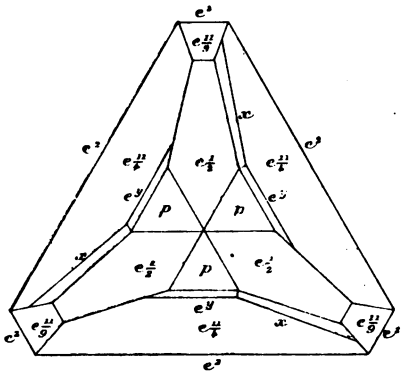
5° *Quartz de provenance inconnue.* — Ce cristal très curieux, dont j'ignore la provenance, présente l'aspect d'un prisme triangulaire surmonté d'une pyramide très aiguë que termine

---

(1) J'ai observé les mêmes combinaisons de formes $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{5}{4}}$, réunis sur des cristaux de quartz noir de Wercholurie (Oural), que je dois à mon camarade M. de Mortillet. On les rencontre également sur des cristaux incolores de White Plains (États-Unis), avec e^5 et e^1.

la pyramide ordinaire du quartz, mais très réduite. Les faces de la première pyramide sont largement striées et portent, l'une d'elles notamment, des corrosions très accentuées. Il reste fort peu du prisme e^2 pour les faces qui correspondent aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ (*voir* la figure ci-contre, projection du cristal sur la base a^1).

Fig. 12.



Il offre une certaine régularité, d'ailleurs, et réunit avec p et $e^{\frac{1}{2}}$ et e^2 les rhomboèdres $e^{\frac{11}{4}}$ et $e^{\frac{11}{9}}$; c'est le premier de ces solides qui imprime à ce cristal son facies particulier. Un autre rhomboèdre, direct, que je désigne sur la figure par la lettre e^{15} se présente en troncatures étroites et ternes sur les arêtes $pe^{\frac{11}{4}}$. Le plagièdre x se trouve aussi en facettes assez étendues, mais peu brillantes. Les mesures prises avec le goniomètre de contact sont assez satisfaisantes :

		Mesuré.	Calculé.
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{11}{4}}$	est environ	118°	118°.58′
$pe^{\frac{11}{14}}$	»	150	150.44
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{11}{9}}$	»	157	157.11

6° *Quartz des bords du Vizézy, près de Montbrison.* — J'ai signalé autrefois dans une pegmatite à grands cristaux de chlorophyllite des bords du Vizézy, près de Montbrison (Loire), des cristaux de quartz enfumé associés à un beau microcline blanc (voir *Comptes rendus de l'Institut,* 17 novembre 1884). La collection d'Allard, à Montbrison, en renferme de beaux échantillons. J'en ai recueilli moi-même dans une géode sur le bord de la route de Montbrison à Saint-Bonnet-le-Courreau. Sur l'un d'eux j'ai reconnu le rhomboèdre $e^{\frac{13}{10}}$. Les incidences que j'ai obtenues sont :

	Mesuré.	Calculé.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{13}{10}}$.....	155°	158°16′
$e^{2} e^{\frac{13}{10}}$.....	167°	166°31′

Sur l'anthophyllite de Saint-Germain-l'Herm et sur les rangées de clivage cylindrique;

Par M. G. Friedel.

M. Paul Gautier, conservateur du musée Lecoq, à Clermont-Ferrand, m'a communiqué des échantillons d'un minéral trouvé par lui près de Saint-Germain-l'Herm, sur le vieux chemin conduisant de cette localité à Saint-Bonnet-le-Bourg. D'après ses indications, le gisement consiste en un filon de roche noduleuse verdâtre traversant le granite et en relation manifeste avec des serpentines existant au voisinage.

Les nodules de roche verte, tendres et friables, se composent surtout d'antigorite maillée, avec quelques cristaux d'anthophyllite et lamelles de talc. Chacun est enveloppé d'une zone de matière fibreuse et soyeuse jaunâtre dont les fibres, normales à la surface du nodule, atteignent parfois plusieurs

centimètres de longueur. M. Lacroix a décrit [1] des échantillons analogues provenant de la Haute-Loire.

L'examen de la matière fibreuse, qui est de l'anthophyllite, m'ayant montré qu'il était possible de l'amener à un état de pureté à peu près parfaite, je pense, bien qu'il ne s'agisse ni d'un minéral nouveau ni d'un gisement exceptionnel, qu'il y a quelque intérêt à indiquer les résultats de l'étude chimique que j'en ai faite. D'autre part, l'étude cristallographique conduit à une remarque intéressante.

Certains échantillons font une vive effervescence dans l'acide chlorhydrique; les fibres d'anthophyllite y sont enrobées dans des carbonates de chaux, de magnésie et de fer. Le résidu inattaquable est d'un blanc de neige, mais n'est pas encore pur. Il fournit à l'analyse jusqu'à 68 pour 100 de silice et 5 pour 100 d'eau. Examiné au microscope, il apparaît comme formé de fibres d'anthophyllite et de grains limpides et isotropes d'opale. Une ébullition peu prolongée dans une solution de soude caustique élimine aisément cette impureté et permet d'en vérifier la nature. Après un nouveau lavage à l'acide, la matière, parfaitement blanche, ne montre plus sous le microscope que des fibres limpides et homogènes d'anthophyllite, sans la moindre trace de matières étrangères mélangées ou incluses.

D'autres échantillons de la même provenance ne contiennent ni carbonates ni opale. Les fibres, jaunes à l'état naturel, sont entourées d'oxyde de fer. Traitée par l'acide chlorhydrique à l'ébullition, la matière devient blanche, mais légèrement teintée de vert. On y distingue quelques paillettes de talc. La grande différence de densité permet de séparer aisément, dans une liqueur de densité 2,90 à 2,95, la matière lourde, qui est alors parfaitement exempte de talc et blanche,

---

[1] Lacroix, *Minéralogie de la France*, tome I, p. 639.

identique à celle extraite des premiers échantillons. L'analyse ne montre aucune différence appréciable entre les deux substances ainsi purifiées, ce qui, étant donnée la nature différente des éléments étrangers éliminés, confirme leur disparition complète et la pureté du minéral préparé.

La moyenne de trois analyses concordantes a donné, après dessiccation prolongée à 110° :

	Pour cent.	Molécules.
Eau zéolithique éliminée au rouge sombre.	0,68	»
Eau éliminée en plus avec décomposition totale du minéral	2,75	153
SiO^2	58,38	973
FeO	8,37	116
MgO	28,82	720
Al^2O^3	0,10	1
CaO	0,61	11
	99,71	

On voit qu'il s'agit d'une anthophyllite peu ferreuse et presque totalement dépourvue d'alumine.

L'eau est ici séparée en deux parties pour les raisons suivantes : Quand on chauffe le minéral, primitivement desséché à 110°, il perd dès le rouge sombre une certaine proportion d'eau, assez variable (en moyenne 0,68 pour 100). Au delà, jusqu'à la température de ramollissement du verre de Bohême, il ne perd plus rien. Comme je voulais vérifier que la matière volatile restant incluse était bien de l'eau, plusieurs essais ont été faits en chauffant le minéral dans un tube en verre de Bohême d'abord, puis dans un tube de porcelaine parcouru par un courant d'air ou d'oxygène secs, afin de recueillir dans des tubes à ponce sulfurique l'eau dégagée. Dans ces conditions, à la plus haute température fournie par la grille à analyses, c'est-à-dire à une température supérieure à celle où un tube en verre dur s'aplatit, la matière n'a rien perdu de plus qu'au rouge sombre, et cette perte consistait uniquement

en 0,68 d'eau en moyenne (la perte de poids correspondant à l'eau pesée dans les tubes). D'autre part, dans cet état la matière, de blanche qu'elle était, est devenue brun café au lait clair. Examinée au microscope, elle se montre parfaitement transparente et garde les propriétés optiques qu'elle avait à l'état naturel. Elle n'est nullement décomposée. Seulement les cristaux ont pris une teinte brune avec un dichroïsme accusé. Les fibres sont d'un brun foncé quand leur allongement est parallèle à la vibration du polariseur, incolores ou à peu près dans le sens perpendiculaire. La teinte rappelle dans ces deux positions celle d'une biotite claire. La substance reste d'ailleurs complètement inattaquable à l'acide chlorhydrique et, même finement pulvérisée, ne perd dans cet acide rien de sa couleur ni ne lui cède trace de fer. S'il y a un commencement d'oxydation du fer déterminant la coloration, du moins la quantité d'oxygène absorbé est-elle inappréciable, puisque l'eau recueillie compense exactement la perte de poids.

Cette eau donc, sans s'éliminer à 110°, disparaît au rouge sombre et se sépare ainsi nettement de celle qui, au rouge très clair, n'a pas encore commencé à s'éliminer; en disparaissant elle laisse le minéral limpide et biréfringent comme à l'état naturel, alors que l'élimination de celle qui reste ensuite implique la destruction complète des cristaux; ce n'est ni de l'humidité, ni de l'eau combinée chimiquement dans la molécule, mais de l'eau *zéolithique*.

Si ensuite on chauffe le minéral dans un creuset de platine à la plus haute température que fournisse le chalumeau à gaz (le creuset simplement placé dans la flamme), il ne fond pas encore, mais devient brun foncé, presque noir. Les cristaux, à peu près opaques, ne montrent plus ni dichroïsme ni biréfringence; les plus gros sont gonflés et comme éclatés en paquets de fibres très ténues. La décomposition est complète.

Dans cet état, le minéral a perdu une nouvelle et dernière quantité de matière volatile, que j'admets (sans preuve décisive) être de l'eau. La pesée ne fournit pas exactement cette proportion d'eau, car à ce moment tout le fer est transformé en sesquioxyde. Et en effet, si l'on porte le creuset au four Forquignon, on parvient sans difficulté à obtenir la fusion complète en un verre laiteux grisâtre dans lequel, grâce à l'atmosphère réductrice de cet appareil, tout le fer est de nouveau à l'état de FeO; il y a une nouvelle perte de poids, qui correspond exactement à cette réduction. Si l'on a chauffé directement de la matière au four Forquignon, sans l'oxyder préalablement, et sans atteindre la fusion, elle reste blanche et perd toute son eau sans s'oxyder. Il suffit alors de la chauffer au chalumeau dans un creuset ouvert pour observer une augmentation de poids correspondant à l'oxydation du FeO existant, en même temps que la substance devient presque noire. On voit que la calcination faite sans précautions induirait en erreur sur la proportion d'eau ainsi éliminée. Cette eau est manifestement de l'eau combinée, et plutôt sous forme d'oxhydrile que sous forme de combinaison moléculaire, à cause de la haute température de dissociation.

On voit aussi que pour 973^{mol} de silice il en existe 847 de bases fixes, et 1000 de bases, y compris l'eau combinée. La formule SiO^2,RO est très loin de répondre à la réalité si l'on ne tient compte que des oxydes métalliques; par contre, si l'on y ajoute cette eau combinée dont l'homogénéité ne peut guère être mise en doute, la proportion de bases devient notablement trop forte. Ces deux faits se retrouvent d'une manière générale pour les anthophyllites des gisements les plus divers. Il est intéressant de les constater ici sur des échantillons très purs, dépourvus de l'alumine qui complique l'interprétation des analyses, dosés trois fois avec des résultats concordants, enfin malgré la distinction faite de la petite

quantité d'eau incluse sous la forme zéolithique. Il paraît bien démontré ainsi que la formule généralement adoptée pour l'anthophyllite n'est qu'une approximation assez grossière. Elle ne serait même pas une approximation si l'on ne comptait l'eau *combinée* parmi les bases.

La densité du minéral purifié est de 3,034 à 13°,5.

La forme des cristaux est celle de baguettes fines à section rhombique aiguë, mais sans faces planes bien distinctes et réfléchissantes. Brisés, ils ne montrent dans la zone du prisme aucune trace de clivage plan; au goniomètre, on aperçoit seulement une bande continue d'images en zone, bien délimitées latéralement, mais dont aucune n'est nette. En d'autres termes, la cassure ne suit pas de clivages plans, mais est astreinte à passer par la rangée parallèle à l'axe du prisme : c'est un clivage cylindrique, ou, si l'on veut, linéaire. Pulvérisés, les cristaux se divisent en aiguilles excessivement fines et droites, ayant parfois 1^{μ} à 2^{μ} de largeur et 200^{μ} de longueur.

Cette absence de clivages plans, contraire aux descriptions classiques de l'espèce, m'a engagé à examiner à ce point de vue des anthophyllites d'autres provenances. Celle de Gèdres montre au goniomètre des images très indistinctes correspondant aux faces m(**110**) du prisme, avec une infinité d'images pâles dans la même zone. Celle de Brodbo (Suède) se comporte comme celle de Saint-Germain-l'Herm. M. le professeur Termier a bien voulu examiner les beaux cristaux de Kongsberg, et y a constaté, en même temps que de larges portions cylindriques dans la cassure, donnant de longues séries d'images continues, des paquets serrés d'images correspondant aux faces du prisme. Sur les échantillons qu'il m'a obligeamment communiqués, j'ai constaté aussi parfois des images confuses correspondant à g^1(**010**).

On voit qu'en réalité la cassure longitudinale des prismes

d'anthophyllite est caractérisée avant tout par l'existence d'une direction linéaire de clivage très facile et parfaite. La rangée parallèle à l'axe du prisme est une direction très nette de cohésion maximum (grande densité réticulaire). La cassure est astreinte avant tout à passer par cette direction : elle est cylindrique. En outre, accessoirement, et avec une netteté et une constance beaucoup moindres, la cassure suit de préférence les faces $m(110)$ du prisme, parfois $g^1(010)$. Mais elle n'est jamais bien plane, tandis qu'elle est toujours parfaitement cylindrique.

L'existence de semblables clivages linéaires, déterminés par une rangée de grande densité réticulaire par laquelle peut ne passer aucun plan de clivage, ou par laquelle peuvent passer des plans de clivages difficiles et imparfaits tandis que le clivage cylindrique est parfait et facile, paraît toute naturelle. Elle n'a, je crois, jamais été signalée. On en trouve pourtant un double exemple remarquable, plus net encore que dans l'anthophyllite, dans le gypse.

Le clivage fibreux du gypse montre, au goniomètre, une série absolument continue d'images rigoureusement en zone avec seulement, correspondant aux faces $b^{\frac{1}{2}}$ $(\bar{1}11)$ $(\bar{1}\bar{1}1)$, une légère augmentation de l'intensité de l'image, qui reste tout à fait indécise, quoique très bien limitée latéralement. Il n'est donc pas exact de dire, comme on le fait habituellement, que le clivage fibreux du gypse consiste en une série de cassures planes en escalier, parallèles aux faces $b^{\frac{1}{2}}$; c'est une cassure cylindrique dont la génératrice, parfaitement rectiligne, est l'arête $g^1a^1[101]$; accessoirement, cette cassure cylindrique, dont la section droite est quelconque, et dont l'existence révèle avant tout la grande importance de la rangée $g^1a^1[101]$, a une tendance à se rapprocher par endroits des faces $b^{\frac{1}{2}}$, sans les suivre exactement. C'est identiquement le cas de

l'anthophyllite. Le phénomène principal est la cassure cylindrique qui ne manque jamais et dont la génératrice est rigoureusement rectiligne. Cette cassure peut avoir une tendance à suivre de préférence certains plans, mais ce phénomène est secondaire. Il peut manquer, comme dans l'anthophyllite de Saint-Germain-l'Herm, sans que le premier, beaucoup plus important et plus caractéristique, cesse d'exister.

Dans le gypse, il y a un autre clivage cylindrique analogue, c'est le clivage vitreux. Celui-là fournit encore une série *continue* d'images, presque exactement en zone, mais non tout à fait. Et cette série continue ne montre aucun maximum d'éclat. La rangée $g^1 h^1$[001] est encore une *rangée de clivage*, mais un peu moins facile et moins *parfaite* que $g^1 a^1$[101]. L'absence totale de plan de clivage la rend plus typique encore que la précédente. On conçoit que les deux rangées de clivage déterminent forcément un plan de clivage très facile et parfait, c'est g^1(010). Ainsi le clivage h^1(100) n'existe en aucune façon, même pas grossièrement. Les clivages $b^{\frac{1}{2}}$ ($\bar{1}$11) ($\bar{1}\bar{1}$1) existent à peine. Il est peu logique de les employer pour exprimer vaguement le phénomène très précis qui se produit en réalité. Au lieu de dire, comme on le fait, qu'il y a dans le gypse un clivage facile et parfait g^1 (010), et accessoirement, sans relation avec celui-là, deux clivages singuliers, l'un vitreux qui suit très grossièrement h^1 (100), l'autre fibreux, suivant a^1($\bar{1}$01) ou $b^{\frac{1}{2}}$($\bar{1}$11) ($\bar{1}\bar{1}$1), il faut exprimer les faits de la manière suivante : il y a dans le gypse deux *rangées de clivage cylindrique* dominantes, $g^1 a^1$[101] et $g^1 h^1$[001] (la première plus parfaite et facile que la seconde), déterminant naturellement un clivage plan parfait et facile g^1 (010); en outre il existe une vague tendance de la cassure cylindrique $g^1 a^1$[101] à se rapprocher par endroits des faces $b^{\frac{1}{2}}$($\bar{1}$11) ($\bar{1}\bar{1}$1), tandis que le seul plan de clivage

défini appartenant à la cassure cylindrique $g^1h^1[001]$ est $g^1(001)$. On rend ainsi aux faits leur importance relative réelle. Il me semble que l'introduction de la notion de clivage *cylindrique* ou *linéaire* en cristallographie est nécessaire.

L'anthophyllite de Saint-Germain-l'Herm a son indice maximum dirigé suivant l'axe du prisme. La petitesse des cristaux ne m'a permis que de constater que l'angle des axes optiques est très voisin de 90°, et de mesurer $n_g - n_m = 0{,}016$.

Remarques sur une macle de quartz;

Par M. G. Friedel.

Un très bel échantillon de la macle ξ $(11\bar{2}2)$ du quartz, provenant du Japon et appartenant à l'École des Mines de Saint-Étienne, ayant été brisé accidentellement, j'ai pu constater les faits suivants :

1° La surface d'accolement est une surface de cohésion très faible, presque nulle. La cassure, produite par un choc léger, l'a suivie sur presque toute son étendue. Comme cela a lieu évidemment pour toutes les macles simples, non polysynthétiques et réunissant deux cristaux d'égal développement, les conditions qui ont déterminé la formation de la macle n'ont existé qu'au début de la croissance du cristal, alors qu'intervenaient les actions de surface qui, dominantes lorsque l'embryon de cristal est très petit, s'effacent quand il a atteint une certaine dimension. Les deux individus cristallins se sont ensuite accrus côte à côte, en conservant naturellement leur orientation, mais sans se souder ensemble. Ils sont proprement, dans leur état actuel, étrangers l'un à l'autre, sauf un point de soudure très petit.

2° Sur l'échantillon intact, les deux cristaux paraissaient séparés par une surface plane. En réalité la surface d'accolement est loin d'être plane. Il y a bien une surface plane (ou à peu près) marquée par une trace blanchâtre parallèle au plan de macle, mais cette apparence est due à un alignement d'inclusions gazeuses et liquides, à bulle mobile, sans relation avec la véritable surface de séparation des deux individus cristallins, laquelle passe fréquemment d'un côté à l'autre de ce plan d'inclusions et s'en écarte parfois beaucoup. Une lame taillée normalement à ce plan dans une petite partie de l'échantillon où la cassure n'avait pas suivi la surface d'accolement (par suite d'un contournement brusque de cette surface, peut-être aussi parce que là était l'origine de la macle) a montré nettement en lumière polarisée la file d'inclusions croisée par la ligne séparative des deux orientations optiques. On sait que dans les roches beaucoup de quartz présentent de ces bandes d'inclusions traversant les surfaces de séparation des cristaux. Leur origine reste énigmatique, mais toute explication devra tenir compte de ce fait que le même phénomène s'observe dans un quartz ayant crû librement sur une paroi de filon.

3° La surface d'accolement, bien que contournée capricieusement, n'est pas quelconque dans le détail. Quand on la fait miroiter à la lumière, elle offre dans toute son étendue des reflets moirés luisant dans certaines directions. A la loupe, on voit sur l'un des cristaux cette surface couverte d'une multitude de facettes planes régulièrement orientées dont la contre-empreinte se retrouve sur l'autre. Ce sont des faces qui, sans être parallèles au plan de macle, sont communes aux deux cristaux. Les mesures goniométriques permettent de déterminer les plus brillantes : ce sont les faces p $(10\bar{1}1)$ et $e^{\frac{1}{2}}$ $(01\bar{1}1)$, sur l'arête desquelles est tangent le plan de macle.

Comme la macle était du type symétrique, chacune de ces facettes se note p dans un des cristaux, $e^{\frac{1}{2}}$ dans l'autre. La face de macle elle-même brille faiblement à la lumière, mais ne donne aucune image, même indistincte, au goniomètre. D'autres facettes, existant par endroits, donnent de mauvaises images et sont restées indéterminables. L'existence de ces facettes, qui terminent chacun des cristaux à son contact avec l'autre, comme elles le feraient sur les côtés libres, confirme encore la croissance indépendante des deux individus macroscopiques maclés.

Sur les figures de corrosion du quartz à haute température;

Par M. G. Friedel.

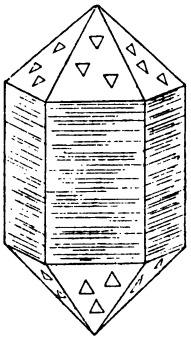
On sait que M. Le Chatelier [1] a découvert une transformation brusque et réversible du quartz à 570°, transformation qui, tout en laissant les cristaux limpides et intacts, en conservant leur uniaxie et leur pouvoir rotatoire, modifie subitement la densité, la biréfringence et le pouvoir rotatoire. Cette tranformation correspond vraisemblablement à un changement du mode de symétrie. Puisque l'holoaxie subsiste, une seule hypothèse paraît possible : c'est qu'à 570° le quartz perd l'hémiédrie ternaire et cesse d'être tétartoèdre, pour devenir hexagonal avec l'hémiédrie holoaxe. J'ai tenté de le vérifier par corrosion au-dessus de 600°. Les alcalis ou carbonates alcalins dilués dans divers sels fondus n'ont donné aucune corrosion régulière. Par contre on obtient des figures très nettes dans le bisulfate de potasse fondu, en ajoutant par

---

[1] Le Chatelier, *Bull. Soc. Min.*, t. XIII, p. 112 et suivantes.

petites portions du fluorure de potassium dès que la température a atteint 600°.

Les figures ont la forme représentée ci-contre. Sur les faces du prisme, ce sont des sillons transversaux formés de faces parallèles à celles de la pyramide, et parfaitement symétriques par rapport aux côtés horizontal et vertical de la face considérée. Sur la pyramide, ce sont des triangles dont les côtés sont parallèles à ceux de la face, et tournés en sens inverse.



Rien ne distingue plus les faces p des faces $e^{\frac{1}{2}}$. L'hémiédrie holoaxe n'est pas mise en évidence, mais l'apparition de la symétrie senaire est ainsi confirmée.

Sur deux clivages de la calcite;

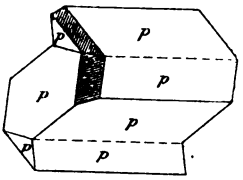
Par M. G. Friedel.

Lorsqu'on produit la macle artificielle b^1 de la calcite, surtout si on l'obtient en serrant dans un étau deux sommets e opposés, on observe fréquemment des cassures parfaitement planes et réfléchissantes tangentes sur l'arête aiguë de la por-

tion retournée du cristal, et par suite parallèles à la face du prisme d^1. Rien n'autorise à les considérer autrement que comme de véritables clivages, difficiles à obtenir, mais aussi parfaits que le clivage ordinaire p.

D'autre part, il arrive assez souvent, ainsi qu'on l'a déjà signalé, que dans la macle artificielle la partie retournée se détache du cristal intact suivant une face b^1 réfléchissante parallèle au plan de macle. Cette cassure s'observe parfois dans les cristaux naturels maclés suivant b^1, et est généralement considérée comme un plan de séparation dû à des macles répétées. En réalité j'ai remarqué plusieurs fois, sur des macles artificielles portant la cassure d^1 précitée, des cassures planes et réfléchissantes parallèles à b^1 et affectant la partie du spath restée intacte. Le plan d^1 du cristal maclé résulte du retournement du plan b^1 du cristal primitif. Les deux se coupent suivant une droite $[1\bar{1}1]$ du plan de macle, en sorte que le plan de cassure b^1 du cristal intact forme comme le prolongement dévié de la cassure d^1 du cristal retourné (*fig.* 1). L'un et

Fig. 1.



l'autre sont bien de véritables clivages. On remarquera que la face d^1, peu importante dans le spath si l'on considère les faces extérieures limitant les cristaux, apparaît ainsi comme étant, après p, le plan réticulaire le plus important. Le plan b^1, suivant lequel le clivage est plus difficile, vient ensuite. En sorte que l'ordre d'importance des faces les plus simples, basé sur l'observation des clivages, devient : p, d^1, b^1. C'est préci-

sément celui que l'on doit observer, d'après l'ordre des densités réticulaires décroissantes, pour un réseau ternaire dont le paramètre est o,854. Les idées, trop négligées aujourd'hui, de Bravais et de Mallard sur l'ordre d'importance des diverses formes, se vérifient ainsi chaque fois qu'au lieu de s'en rapporter aux formes extérieures on se base sur la propriété interne du clivage, seule indépendante de l'action variable du milieu ambiant. Ce n'est pas sans raison qu'Haüy la prenait pour base de la cristallographie géométrique. Elle confirme ici bien nettement la forme rhomboédrique du réseau du spath.

M. A. Lacroix fait la Communication suivante :

Sur la klaprothine de Madagascar;

Par M. A. Lacroix.

J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société quelques échantillons intéressants de klaprothine (lazulite de Madagascar).

L'un provient du mont Bity, où il a été trouvé sur le sol par M. Villiaume en même temps que de grosses tourmalines lithiques de diverses couleurs. Par sa belle couleur, sa limpidité en lames minces, ce minéral rappelle celui des sables diamantifères de la province de Miñas Geraes au Brésil : il forme des fragments de cristaux pouvant atteindre 6^{cm} à 8^{cm} de plus grandes dimensions, ils sont adhérents à un peu de quartz, de muscovite et paraissent provenir de filons de quartz traversant des itabirites qui rappellent celles du Brésil.

D'autres échantillons proviennent d'une autre région d'Ambohimanjaka à l'est-nord-est de Betafo, et ils m'ont été remis

par M. Garnier Mouton. Ils consistent en une roche à éléments fins formés par un mélange de klaprothine d'un bleu foncé, de disthène incolore, avec un peu de muscovite et de quartz, de sphène, de tourmaline et de magnétite; cette roche se rencontre dans une région gneissique : elle est associée à un gneiss basique à pyroxène et amphibole.

Je ne connais qu'une roche comparable à celle-ci : c'est celle d'Horrsjöberg en Wermland, dans laquelle se trouve en outre cette variété de triplite appelée *talktriplite* par Igelström.

Compte rendu des publications étrangères.

A. Dieseldorf. — Sur les minerais de cuivre de N. S. Wales contenant de l'iode (*Journ. and Proceed. of the Roy. Soc. of N. S. Wales,* vol. XXXIII, p. 161).

L'analyse montre que la cuprite contient de 0,13 à 0,32 pour 100 d'iode, et que la quantité d'argent existant est insuffisante pour que tout l'iode se trouve à l'état d'iodure d'argent.

Barlow, Miers, H. Smith. — La structure des cristaux (*Assosociation Britannique*. Glasgow, 1901).

Ce travail est le rapport d'une Commission composée de M. W. Story Maskelyne, Président, de M. Miers, Secrétaire, et de MM. L. Fletcher, W.-J. Sollas, W. Barlow, G.-F. Herbert Smith et du comte de Berkeley, Commission qui a été chargée d'établir l'état de nos connaissances relatives à la structure des cristaux.

Le problème de la structure d'un cristal peut être examiné à deux points de vue différents. On peut considérer : 1° la

nature des éléments constitutifs du cristal, c'est-à-dire chercher si c'est la molécule chimique ou un agrégat de ces molécules qui constitue l'élément fondamental, et déterminer leurs dimensions, leur symétrie, et quelles sont les forces qui fixent leur position et leur orientation; 2° la manière dont ces éléments primordiaux sont arrangés les uns par rapport aux autres.

Les connaissances que nous possédons sur les particules constituant le cristal sont, en somme, assez restreintes et l'arrangement de ces particules nous est plus connu. Les propriétés morphologiques et les propriétés physiques des cristaux résultent de ce que ces derniers sont homogènes. La loi des indices rationnels, qui règle la disposition des faces d'un cristal, et l'œolotropisme, qui règle ses caractères physiques, sont à la fois en harmonie avec les propriétés géométriques d'une structure homogène.

Le rapport contient un résumé complet de la question. Les théories d'Haüy, de Hessel, de Bravais, de Sohncke, de Schönfliess, de Fedoroff, de Barlow, etc., sont passées successivement en revue et les progrès successifs de nos connaissances relatives à la structure des cristaux sont bien indiqués.

Les conclusions sont les suivantes :

Avec la découverte des 230 types de structure des cristaux, l'étude géométrique semble être terminée. L'histoire du développement de cette dernière est celle des essais qui ont été faits pour exprimer géométriquement les propriétés physiques des cristaux; et chaque nouvelle découverte morphologique a conduit les géomètres à étendre la définition de l'homogénéité, de façon à faire entrer le nouveau fait observé dans la théorie générale. C'est ainsi que la nécessité d'interpréter l'hémiédrie a conduit au système de Sohncke, et que l'explication de la symétrie de la dioptase a amené les cristallographes à étendre le principe de Sohncke.

Les deux traits les plus satisfaisants de la solution géométrique finale sont les suivants :

1° Un principe simple (l'homogénéité) est suffisant à expliquer les deux principaux caractères des cristaux, leur œolotropisme et la loi des indices rationnels ; 2° la structure de toutes les substances cristallisées peut être interprétée par la théorie, et rentrer dans l'un des 230 types de symétrie.

Par conséquent, on a de bonnes raisons pour penser qu'une solution partielle a été donnée à la question de l'arrangement des molécules. Il est vrai qu'en plaçant au nœud d'un réseau des molécules ayant une certaine symétrie, les propriétés du cristal peuvent être expliquées, mais il ne semble pas qu'on ait des motifs suffisants pour limiter le problème de cette manière.

Th. Nicolau. — Recherches sur les roches avec fer natif de l'île de Disko (*Ann. scient. de l'Université de Jassy*, 1901).

L'auteur étudie les minéraux rentrant dans la composition du basalte d'Ovifak. Il montre qu'il existe des particules excessivement fines de fer métallique dans la roche, qui présente tous les caractères d'une dolérite basaltique. Cette dernière contient en outre de l'hisingerite, de la pyrrhotite et du graphite. L'andésite d'Assuk contient aussi des globules de fer natif qui sont enveloppés fréquemment d'hisingerite et même de pyrrhotite. L'auteur discute ensuite l'origine du fer natif. Le fait que les roches ferrifères sont en contact avec des formations sédimentaires riches en charbon suggère l'idée que le fer natif est un produit de réduction, mais cette hypothèse ne paraît appuyée jusqu'à présent sur aucune preuve rigoureuse. Si l'on admet que le fer existait dans le magma et qu'il a été entraîné par ce dernier, on explique, par suite de la fusibilité du fer qui s'est solidifié en dernier

lieu, les différentes formes sous lesquelles il se présente. En outre, le fait que le fer est toujours revêtu par de la pyrrhotite et de l'hisingérite, quand ces substances l'accompagnent, peut être expliqué en supposant que le pyrrhotite provient de l'altération du fer par les actions pneumatolytiques et que l'hisingérite a pris naissance soit en même temps, soit plutôt pendant la période thermale.

H. Bücking. — Gros cristal de carnallite de Beienrode (*Sitz. d. k. Ak. der Wiss.*, t. XXIV, 1901, p. 539).

Le cristal de carnallite a 8^{cm} de long et 6^{cm} d'épaisseur. Ses formes sont celles de la carnallite de Stassfurt. Les cristaux de Beienrode sont très riches en inclusions. La détermination des propriétés optiques a conduit à des résultats presque identiques à ceux obtenus par Des Cloizeaux.

G. Spezia. — Solubilité du quartz dans des solutions de tétraborate de sodium (*Atti Acc. Sc. Torino*, t. XXXVI, 1901, p. 631).

Un échantillon de quartz pesant $1^{g},0678$, chauffé dans une solution de borax à 5 pour 100 à la température de 290° à 315° et à la pression de 76^{cm} à 101^{cm} de mercure, a perdu au bout de 4 jours $0^{g},257$. La solubilité du quartz parallèlement à l'axe n'est pas la même que perpendiculairement à ce dernier.

Mais à la température ordinaire, de 12° à 16° par exemple, la solution de borax n'agit plus, même avec une pression de 6000^{atm}.

Ces résultats montrent que les borosilicates, comme la datholite, la tourmaline, l'axinite, se sont formés probablement à haute température.

H.-C. Pocklington. — Sur la polarisation rotatoire des cristaux biaxes (*Phil. Magaz.*, vol II, 1901, p. 362).

Ce travail contient une étude théorique du pouvoir rotatoire des cristaux biaxes ayant acquis cette propriété dans un champ magnétique. Le sucre de canne est ensuite étudié expérimentalement.

Th.-W. Richards. — Étude sur l'accroissement des cristaux par l'emploi de photomicrographies instantanées (*Ibid.*, p. 488).

L'auteur a photographié à des intervalles très rapprochés et avec des temps de pose très courts ($\frac{1}{50}$ de seconde) des cristaux en voie de formation et examinés sur une lame porte-objet avec un microscope auquel un appareil photographique a été adapté. Un dispositif particulier permet d'avoir des photographies à des intervalles réguliers; le temps de pose est d'autant plus grand que le grossissement est plus fort. Pour beaucoup de cristaux la lumière polarisée a été employée. Les photographies obtenues au début montrent que même les plus petits éléments visibles sont cristallisés.

R. Brauns. — Longue stabilité de quelques modifications du soufre (*Cent. f. Min.*, 1902, p. 7).

Parmi les nombreuses modifications du soufre, la forme orthorhombique est seule stable à la température ordinaire; les autres au bout de quelque temps se transforment en cette dernière. Des cristaux monocliniques (forme découverte par Mitscherlich) sont conservés intacts depuis 3 ans. Des préparations de soufre en écailles concentriques (voir *Bulletin*, t. XXIII, p. 259) n'ont pas subi non plus de modifications dans cette période de temps.

F. Rinne. — L'air liquide comme moyen de refroidissement dans les recherches cristallographiques (*Ibid.*, 1902, p. 11).

On obtient avec l'air liquide des températures de — 180°. A cette température l'auteur a examiné les propriétés optiques de quelques corps. Une plaque de sanidine taillée perpendiculairement à la bissectrice aiguë ayant, à la température ordinaire, un angle apparent de 35° et une dispersion inclinée, montre la dispersion horizontale et le plan des axes perpendiculaire à la direction primitive. Si le cristal est replacé dans une chambre chaude, le minéral redevient d'abord uniaxe et finalement les axes optiques reprennent leur position primitive.

Avec le gypse l'angle des axes devient plus grand.

K. Eisenhuth. — Contribution à la connaissance des dolomies (*Ibid.*, p. 582).

L'auteur donne le résultat des analyses qu'il a faites sur un grand nombre de dolomies des principales localités connues. Il a constaté que la quantité de chaux reste à peu près constante dans toutes les dolomies, et, quand ces dernières sont ferrifères, le fer remplace le magnésium. La composition de la dolomie est représentée par la formule

$$Ca(Mg, Fe, Mn)C^2O^6.$$

La densité et les indices de réfraction croissent avec la quantité de fer.

G. Melczer. — Sur quelques constantes cristallographiques du corindon (*Ibid.*, p. 561).

Le Mémoire contient un grand nombre de mesures d'angles des cristaux de Birmanie, de Ceylan et des cristaux artificiels. L'étude des cristaux arrondis de Birmanie montre l'existence

de plusieurs faces vicinales. On peut dire qu'en général les parties arrondies de ces cristaux sont formées de petites faces. De ses mesures l'auteur déduit, pour le rapport des axes cristallographiques, la valeur 1 : 1,3652. La seconde Partie du travail est consacrée à la mesure des indices de réfraction, mesure faite sur un grand nombre de cristaux et avec les différentes couleurs du spectre.

K. Pfeil. — Sur l'attaque des silicates et d'autres minéraux difficilement décomposables par l'acide borique anhydre (*Inaug. Diss. Heidelberg*, 33 pages, 1901).

L'auteur s'est servi de la méthode de L. Jannasch, qui consiste à fondre le minéral à analyser avec un excès d'acide borique anhydre. La hornblende de Granatille, cap de Gates, le sphène de Pfitsch, le rutile de Graves Mountains (Georgie), l'arkansite de Magnet Cove, l'épidote de Striegau (Moravie), l'épidote de Zophau (Moravie), les rubis de Siam et de Birma, le saphir de Ceylan, le spinelle noble de Ceylan et le pléonaste de Fassa ont été analysés d'après cette méthode, qui donne des résultats très satisfaisants.

F. Schonbeck. — Contribution à la connaissance des corps polymorphes (*Dissertion-Marbourg*, 94 pages, 8 Tableaux, 1901).

Ce travail est consacré en grande partie à l'histoire du polymorphisme. Les modifications du benzophénone et du dinitrochlorobenzol sont étudiées pour la première fois.

C. Doelter. — Nouvelles déterminations des points de fusion des minéraux (*Tschermak's Mitt.*, t. XXI, p. 23).

L'auteur trouve que les déterminations des points de fusion obtenus en employant le four électrique sont, en général, un

peu plus élevés que ceux qu'il a obtenus précédemment (*voir* le *Bull.*, t. XIV, p. 518). Voici ces nouveaux nombres :

Mélanite	920°	Oligoclase	1120°
Ægyrine	925	Labrador	1125
Lépidolite	930	Biotite de Miass	1130
Gastaldite	1025	Anorthite	1132
Hornblende très ferrifère de Lukow	1065	Sanidine	1130
Eläolite	1080	Microcline	1155
Hornblende peu ferrifère de Lukow	1085	Meionite	1155
Augite de Sasbach	1085	Orthose	1175
Zoïsite	1090	Magnétite	1185
Épidote	1090	Hypersthène de St-Paul	1185
Grenat de Traversella	1090	Muscovite	1230
Augite d'Arendal	1095	Wollastonite	1230
Nephéline	1095	Meroxène du Vésuve	1235
Diallage de Le Prese	1095	Pléonaste	1240
Grossulaire d'Auerbach	1110	Leucite	1300
Albite	1110	Olivine	1350
		Bronzite	1400

Pour les roches M. Doelter a obtenu :

	Température de ramollissement.	Fluidité.
Granit Predazzo	1160°	
Monzonite Predazzo	1125	1190°
Lave du Vésuve	1060	1090
Lave de l'Etna	970	1040
Basalte de Remagen	1020	1075
Limburgite du Kaiserstuhl	1000	1060
Phonolite de Brüx	1600	1090
Syénite néphélinique de Saint-Vincent	1060	1100

C. Doelter. — Sur la solubilité réciproque des minéraux fondus (*Cent. f. Min.*, 1902, p. 199).

L'auteur étudie la solubilité des minéraux dans un autre minéral en fusion. La magnétite possède la plus grande puissance de dissolution. A la température relativement basse de 1200° à 1230° le quartz et le corindon ne sont pas altérés, mais l'olivine, la leucite et l'orthose sont nettement corrodées; à une température plus élevée, le quartz et le corindon sont aussi attaqués et les autres minéraux, pulvérisés préalablement, sont rapidement dissous. Les minéraux rangés suivant la facilité avec laquelle ils se dissolvent se disposent dans l'ordre suivant : quartz, corindon, leucite et olivine, orthose.

La magnétite, la biotite, les micas potassiques se dissolvent entièrement dans la hornblende de Lukow; l'olivine et l'anorthite sont fortement corrodées, le quartz et la leucite le sont à peine.

Les pyroxènes très ferrifères possèdent aussi une grande puissance dissolvante. Le quartz, l'olivine, la leucite, l'orthose, l'anorthite et le labrabor sont complètement dissous dans une augite d'Arendal.

L'albite dissout peu les minéraux; cependant à une température relativement basse, à 1300°, le corindon est attaqué alors que le quartz ne l'est pas du tout.

L'élaeolite de Norvège dissout facilement les minéraux. La sanidine de Drachenfels et le labrador ont une puissance dissolvante faible.

Le Secrétaire, gérant :
PAUL GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 6.

Séance du 12 juin 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société M. Herbette, licencié ès sciences, demeurant à Paris, 17, rue Fortuny, présenté par MM. L. Michel et Blondel dans la séance précédente.

M. DE SCHULTEN fait une Communication relative à des synthèses de minéraux.

M. DUFET fait la Communication suivante :

Notices cristallographiques
(Xe Série);

Par M. H. DUFET.

LXXVII. — PLATONITRITE DE POTASSIUM HYDRATÉ.

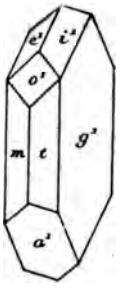
$Pt(AzO^2)^4K^2 + 2H^2O$.

Ce sel, obtenu et analysé par Lang [1], n'a pas été mesuré par Topsoë en même temps que les autres platonitrites. Il

[1] LANG, *Journ. f. prakt. Chem.*, t. LXXXIII, 1861, p. 415.

est complètement isomorphe du palladionitrite hydraté de potassium, également obtenu par Lang, et dont j'ai déterminé la forme [1]. Les cristaux sont incolores et bien plus efflorescents que le sel de palladium; ils sont tricliniques et formés des faces $g^1(010)$, $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$, $e^1(0\bar{1}1)$, $i^1(011)$, $a^1(1\bar{0}1)$ et $o^1(101)$; les faces m et o^1 manquent souvent (*fig.* 1).

Fig. 1.



Ils sont tout à fait aplatis suivant g^1 et ne présentent pas de clivages.

Système triclinique.

$$a : b : c = 0,78223 : 1 : 0,71124.$$

Angles plans.		Angles dièdres.	
$\alpha(bc) =$	79°.49′.58″	$A(pg^1) =$	80°.55′.32″,5
$\beta(ac) =$	108.48.18	$B(ph^1) =$	108.15. 7,5
$\gamma(ab) =$	94.56.38	$C(h^1g^1) =$	91.48. 2,5

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$mg^1(110)(0\bar{1}0)$	Fond.	*54°.12′
tg^1 $(110)(010)$	Fond.	*51.54
mt $(1\bar{1}0)(110)$	73°54′	73.54

[1] Dufet, *Notices cristallographiques*, n° LX (*Bull. Soc. de Minér.*, t. XVIII, 1895, p. 420).

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$e^1 g^1$ $(0\bar{1}1)(0\bar{1}0)$	Fond.	*49°.50′
$i^1 g^1$ $(011)(010)$	Fond.	*62.19
$e^1 i^1$ $(0\bar{1}1)(011)$	67°51′	67.51
$i^1 t$ $(011)(110)$	Fond.	*59.15
$t a^1$ $(110)(10\bar{1})$	59.13	59.12
$a^1 i^1$ $(10\bar{1})(0\bar{1}\bar{1})$	61.32	61.32
$e^1 m$ $(0\bar{1}1)(1\bar{1}0)$	54.45	54.41
$m a^1$ $(1\bar{1}0)(10\bar{1})$	71. 6	71.14 (app.)
$a^1 e^1$ $(10\bar{1})(01\bar{1})$	54. 9	54. 8
$i^1 o^1$ $(011)(101)$	45.56	45.58
$o^1 m$ $(101)(110)$	46.22	46.22
$m i^1$ $(1\bar{1}0)(011)$	87.42	87.40
$e^1 o^1$ $(0\bar{1}1)(101)$	46.31	46.30
$o^1 t$ $(101)(110)$	55.16	55.17
$t e^1$ $(110)(01\bar{1})$	78.13	78.12
$o^1 g^1$ $(101)(010)$	94.19 ½	94.45
$a^1 g^1$ $(101)(010)$	80.24	80.22
$o^1 a^1$ $(101)(101)$	83.33	83.35

Dans g^1, une direction d'extinction se trouve à 52° de l'axe vertical dans l'angle *obtus* des axes. Les axes optiques ne sortent pas dans g^1.

LXXVII. — Platooxalate de potassium.

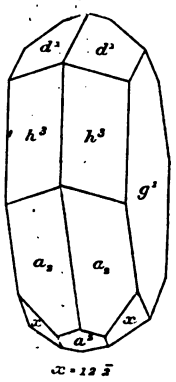
$$Pt(C^2O^4)^2K^2 + 2H^2O.$$

Ce sel a été obtenu pour la première fois par Söderbaum [1], préparé à l'aide d'une nouvelle méthode et analysé par

[1] Söderbaum, *Studier öfver Platooxalylföreningar* (Thèse, Upsal, 1888).

M. Vèzes [1]. Il constitue des cristaux clinorhombiques, d'un jaune pâle, formés des faces $g^1(010)$, $h^3(210)$, $a_2(31\bar{2})$, dominantes, $d^1(112)$ et $x(12\bar{2})$, moins développées et manquant souvent, enfin $a^2(102)$, très rare et extrêmement petite (*fig.* 2).

Fig. 2.



Les faces d^1 ne sont nettes que dans les cristaux formés par évaporation lente; elles sont tout à fait arrondies ou manquent dans les cristaux formés par refroidissement.

Je n'ai pas constaté de clivage.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 0,7547 : 1 : 1,0028,$$
$$\beta = 84°54'.$$

	Angles des normales	
	calculés.	mesurés.
$g^1 h^3(010)(210)$	Fond.	*69°.24′
$h^3 h^3(210)(2\bar{1}0)$	41°12′	41.13

[1] Vèzes, *Sur les sels complexes du platine : oxalates et chlorures* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XIX, 1898, p. 875).

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$g^1 d^1 (010)(112)$	68°.12′	68°.17′
$d^1 d^1 (112)(1\bar{1}2)$	43.36	43.41
$g^1 a_2 (010)(31\bar{2})$	76.55	76.57
$a_2 a_2 (31\bar{2})(3\bar{1}\bar{2})$	26.10	26. 9
$g^1 x\ (010)(12\bar{2})$	Fond.	*49. 2
$x x\ (12\bar{2})(1\bar{2}\bar{2})$	81.56	81.54
$h^3 d^1 (210)(112)$	49. 5 $\frac{1}{2}$	49. 4
$h^3 a_2 (210)(31\bar{2})$	Fond.	*27.26
$a_2 a^2 (312)(10\bar{2})$	34.39	34.22 (app.)
$h^3 a_2 (2\bar{1}0)(31\bar{2})$	43.16	43.12
$a_2 x\ (31\bar{2})(12\bar{2})$	39.41	39.40
$h^3 x\ (\bar{2}10)(12\bar{2})$	97. 3	97. 9
$h^3 d^1 (2\bar{1}0)(112)$	66.49	66.51
$d^1 x\ (112)(\bar{1}22)$	58.56	58.59
$h^3 x\ (\bar{2}10)(\bar{1}22)$	54.15	54.17

Propriétés optiques. — La petitesse des cristaux ne m'a permis que des observations assez incomplètes. Le plan des axes optiques est le plan de symétrie g^1(010). Dans ce plan, une des directions d'extinction fait avec l'axe vertical un angle de 23° dans l'angle *obtus* des axes cristallographiques; cette direction est l'axe de plus petite élasticité (n_g). L'axe de plus grande élasticité (n_p) est donc voisin de la normale à l'arête (010) (31$\bar{2}$). Sur un cristal immergé dans la naphtaline bromée, on aperçoit les axes optiques à travers les couples de faces a_2 et h^3, donnant pour chaque axe deux systèmes de courbes isochromatiques. L'angle des systèmes répondant aux deux axes est trop voisin de 90° pour qu'on puisse décider quelle

est des deux bissectrices la bissectrice aiguë. La dispersion des axes est insensible.

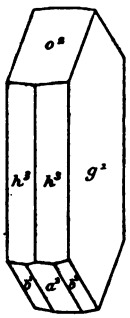
Le dichroïsme est assez marqué dans g^1; pour la direction de vibrations répondant à l'indice maximum, les cristaux sont presque incolores, avec une faible coloration jaune-paille; pour la direction perpendiculaire, ils sont d'un jaune tirant sur l'orangé.

LXXIX. — Platooxalonitrite de potassium.

$$Pt(C^2O^4)(AzO^2)^2K^2 + H^2O.$$

Ce sel, obtenu et analysé par M. Vèzes [1], a été étudié au point de vue cristallographique par M. Goguel [2]. Malheureusement il s'est produit dans son travail des erreurs de calcul ou de transcription, car on trouve, pour ce sel clino-

Fig. 3.



rhombique, *quatre* angles indiqués comme fondamentaux, et les nombres donnés comme paramètres ne conduisent nullement aux valeurs calculées. J'ai dû reprendre les mesures.

---

(1) Vèzes, *Sur les sels complexes du platine : platooxalonitrite de potassium* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI, 1899, p. 481).

(2) Goguel *in* Vèzes, *loc. cit.*, p. 483.

Les cristaux, d'un jaune clair, sont formés de faces que j'ai notées $h^3(210)$, $g^1(010)$, $o^2(102)$, $a^2(10\bar{2})$ et $b^1(11\bar{2})$ (*fig.* 3). J'ai rencontré une seule fois la face $x(122)$, petite mais bien nette. Les cristaux sont en général aplatis suivant g^1 et présentent un clivage parfait suivant $a^2(10\bar{2})$.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 0,88869 : 1 : 0,78883,$$
$$\beta = 86°49'.$$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.	Id. (Goguel).
$g^1 h^3$ (010) (210)	66°. 4'½	66°. 4'	66°. 2'
$h^3 h^3$ (210) ($2\bar{1}0$)	Fond.	*47.51	47.56
$o^2 a^2$ (102) ($\bar{1}02$)	47.49	47.51	»
$g^1 b^1$ (010) ($11\bar{2}$)	69.49	69.50	70. 6
$b^1 a^2$ ($11\bar{2}$) ($10\bar{2}$)	20.11	20.11	19.55
$h^3 o^2$ ($2\bar{1}0$) (102)	Fond.	*65.52	65.41
$o^2 b^1$ (102) ($\bar{1}12$)	50.56	50.56	50.52
$b^1 h^3$ ($\bar{1}12$) ($\bar{2}10$)	Fond.	*63.12	63.28
$h^3 a^2$ (210) ($10\bar{2}$)	70.39	70.39	»
$o^2 x$ (102) (122)	35.12	35.10	»
$h^3 b^1$ ($\bar{2}\bar{1}0$) (112)	80. 9	80.10	»
$b^1 x$ ($\bar{1}12$) (122)	44.27	44.27	»
$a^2 x$ ($\bar{1}02$) (122)	56.44	56.46	»

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1(010)$; la bissectrice aiguë pour la raie D est *positive* et coïncide avec l'axe de symétrie du cristal. Les indices minimum et moyen ont été mesurés pour la raie D à l'aide du réfractomètre Abbe-Pulfrich; on trouve ainsi

$$n_m = 1,6414,$$
$$n_\mu = 1,5450.$$

On trouve une vérification dans l'observation suivante : un cristal ayant pour épaisseur $0^{mm},550$ donne, entre l'axe optique et la bissectrice aiguë, un peu plus de 90 anneaux; le retard estimé à $90,2\lambda$ donne, pour $n_m - n_p$, **0,0965** (observé directement : **0,0964**).

La dispersion pour ces deux indices a été mesurée par réflexion totale dans l'iodure de méthylène. Cette dispersion est très grande, surtout pour l'indice minimum, car on obtient un achromatisme complet pour le jaune et le rouge, et pour le vert l'angle limite est plus grand de 10′ que pour le jaune, à l'inverse de ce qu'on obtient d'ordinaire. Avec l'indice moyen, les limites sont dans l'ordre habituel, avec une distance de 11′ entre le rouge et le jaune, et de 10′ entre le jaune et le vert, ce qui représente encore une forte dispersion. A l'aide des indices du liquide, mesurés en même temps par la méthode du prisme, et qui sont égaux à

$$1,72933 \quad (Li),$$
$$1,74134 \quad (D),$$
$$1,75324 \quad (Tl),$$

on arrive aux valeurs suivantes :

$$\left.\begin{array}{l} n_m = 1,6319 \\ n_p = 1,5343 \end{array}\right\} (Li) \qquad \left.\begin{array}{l} 1,6510 \\ 1,5579 \end{array}\right\} (Tl)$$

Les indices maximum, trop grands, devront être calculés à l'aide de l'angle des axes.

L'angle des axes pour la raie D a été mesuré dans l'iodure de méthylène, en même temps qu'on observait les limites de réflexion totale pour l'indice moyen du cristal. On trouve ainsi pour l'angle *vrai* des axes la valeur

$$2V = 89°40'.$$

Une autre mesure, faite dans la naphtaline bromée d'indice $n_D = 1,6592$, conduit à une valeur identique.

La dispersion propre des axes optiques est grande pour des axes aussi écartés. Quant à la dispersion des axes d'élasticité optique, c'est de beaucoup la plus forte qu'on ait jamais constatée, à ma connaissance.

Dans la naphtaline bromée, on obtient pour l'angle apparent

$$2H = 89^\circ.29' \text{ (lithium)},$$
$$88.27 \text{ (sodium)},$$
$$87.15 \text{ (thallium)}.$$

Connaissant la dispersion de la naphtaline et les indices moyens du cristal, on en déduit

$$2V = 90^\circ.40' \quad (Li),$$
$$89.40 \quad (Na),$$
$$88.29 \quad (Tl).$$

On voit par là que ce corps, *positif* pour le jaune, est *négatif* pour l'extrême rouge.

Ces valeurs de 2 V permettent de calculer l'indice maximum; on a ainsi

$$n_g = 1,7478 \quad (Li),$$
$$1,7600 \quad (Na),$$
$$1,7698 \quad (Tl).$$

Pour mesurer, au moins approximativement, la dispersion des bissectrices placées dans le plan de symétrie, j'ai observé dans la naphtaline bromée un cristal réglé de manière que les axes jaunes passent exactement au milieu du champ; les axes, pour une autre couleur, sont déplacés dans le sens vertical d'un angle qui est celui de l'axe *extérieur* avec le plan des axes jaunes. Le sinus de cet angle, divisé par le sinus du demi-angle *extérieur* des axes optiques, donne, comme il est facile de le voir, le sinus de l'angle de la bissectrice avec celle relative à la raie D, sans qu'on ait besoin de connaître

l'indice du liquide. L'angle s'évaluait à quelques minutes près à l'aide d'un micromètre placé dans l'oculaire du microscope polarisant. Je trouve ainsi 2° 15′ pour l'angle des bissectrices relatives au lithium et au sodium et 2° 50′ pour celui des bissectrices du thallium et du sodium.

L'orientation du plan des axes dans le plan $g^1(010)$ a été obtenue à l'aide d'un biquartz à teinte sensible; il y a là quelque incertitude, précisément à cause de la grande dispersion des axes d'élasticité. J'ai trouvé en moyenne 24° avec l'axe vertical dans l'angle *aigu* des axes cristallographiques; c'est, à très peu près, la direction de la normale à $a^2(\bar{1}02)$. Cette valeur se rapporte au jaune moyen; l'angle est plus petit pour les rayons rouges, plus grand pour les rayons verts.

On aura donc pour l'angle avec l'axe vertical

$$\begin{aligned} \theta = 21°45' &\quad (Li), \\ 24° &\quad (Na) \text{ (admis)}, \\ 26°50' &\quad (Tl). \end{aligned}$$

La variation de θ atteint presque le double de la plus grande variation observée jusqu'à présent [1].

Il n'y a pas de dichroïsme sensible dans $g^1(010)$. Dans le clivage $a^2(10\bar{2})$, la vibration parallèle à l'axe binaire est un peu moins absorbée et donne un jaune un peu plus pâle.

LXXX. — Platooxalonitrite de baryum.

$$Pt(C^2O^4)(AzO^2)^2Ba + 5H^2O.$$

Ce sel a été obtenu et décrit par M. Vèzes [2]. Il constitue des cristaux jaune d'or, toujours petits et crevassés à l'inté-

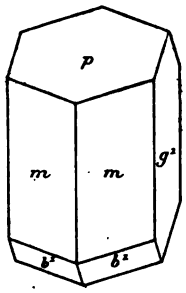
---

(1) 2° 43′ dans le chlorure nitrosé de α-limonène [Beyer (*Gr. Zeitsch.*, t. XVIII, 1891, p. 296)].

(2) Vèzes, *Sur les sels complexes du platine : oxalonitrites alcalino-terreux* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXV, 1901, p. 157).

rieur. Ces cristaux sont formés des faces m (110), g^1 (010), p (001)

Fig. 4.



et de la face b^1 ($11\bar{2}$), très petite et rare (*fig.* 4). Ils sont allongés suivant la zone du prisme et ne présentent pas de clivages.

Système clinorhombique.

$a : b : c = 0,7735 : 1 : 0,8345,$

$\beta = 75°1'10''.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
mg^1 (110) (010)	Fond.	*53°.14′
mm (110) ($1\bar{1}0$)	73°32′	73.32
pm (001) (110)	Fond.	*78. 3
mb^1 (110) ($11\bar{2}$)	64.31	64.33
pb^1 (001) ($\bar{1}\bar{1}2$)	37.26	37.27
g^1b^1 (010) ($11\bar{2}$)	Fond.	*68.10
b^1b^1 ($11\bar{2}$) ($1\bar{1}\bar{2}$)	43.40	43.41

Dans g^1 l'extinction se fait parallèlement à la hauteur; elle n'est pas d'ailleurs rigoureusement simultanée pour toutes les couleurs, comme le montrent de faibles changements de coloration. Je n'ai pu apercevoir les axes. Il existe dans g^1 un

dichroïsme sensible; la vibration perpendiculaire à la hauteur donne une couleur d'un jaune un peu verdâtre, la vibration parallèle un jaune un peu orangé.

LXXXI. — Platooxalonitrite barytopotassique (1).

$$Pt^2(C^2O^4)^2(AzO^2)^4BaK^2 + 4H^2O.$$

Ce corps se présente en longs prismes d'un jaune orangé, n'ayant que $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$ d'épaisseur, formés des faces h^3(210) et g^1(010) et terminés en général par une face de clivage facile normale à la hauteur. Au microscope, on rencontre des prismes terminés par trois ou cinq faces normales au plan g^1, mais si petites qu'il n'est pas possible de les mesurer au goniomètre. J'ai dû me borner à mesurer les angles plans de leur intersection avec g^1; on peut admettre une précision d'environ un demi-degré. La forme paraît bien d'ailleurs être orthorhombique, d'après les extinctions qui se font rigoureusement suivant la hauteur. Je n'ai pu observer les axes optiques.

Système orthorhombique.

$$a : b : c = 0,8669 : 1 : 0,70.$$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.	
h^3g^1 (210)(010)	Fond.	*66°.34′	
h^3h^3 (210)($2\bar{1}0$)	46°52′	46.55	
pg^1 (001)(010)	90. 0	89.55	
ph^1 (001)(100)	90. 0	90	angles plans
$h^1a^{\frac{1}{2}}$ (100)(201)	31.42	32	angles plans
pa^1 (001)(101)	Fond.	*39	angles plans

(1) Vèzes, *loc. cit.*, p. 163.

LXXXII. — Palladodibromonitrite de potassium.

$$Pd(AzO^2)^2Br^2K^2.$$

Ce sel, obtenu par MM. Vèzes et Loiseleur [1], se présente en petits cristaux d'un rouge un peu orangé, isomorphes du palladodichloronitrite et du platodichloronitrite de potassium, obtenus également par M. Vèzes et dont j'ai déterminé la forme [2]. Ils présentent les faces $m(110)$, $e^2(012)$ et $g^1(010)$, très petite et imparfaite.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 0,55195 : 1 : 0,60716.$$

$$\beta = 76°57'.$$

	Angles des normales	
	calculés.	mesurés.
$mm(110)(1\bar{1}0)$	Fond.	*56°.32′
$e^2e^2(012)(0\bar{1}2)$	Fond.	*32.57
$me^2(110)(012)$	71°2′	71. 1
$\overline{m}e^2(\bar{1}10)(012)$	Fond.	*93.14

LXXXIII. — Iridochlorooxalate de potassium.

$$IrCl^2(C^2O^4)^2K^3 + H^2O.$$

Ce sel, obtenu et décrit par M. Vèzes [3], se présente en cristaux rouge foncé, toujours petits et assez imparfaits. Ils

---

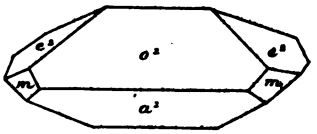
(1) Vèzes et Loiseleur, *Procès-verbaux des Séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux* (Séance du 8 mars 1900).

(2) Dufet, *Notices cristallographiques*, VIe série (*Bull. Soc. Minér.*, t. XV, 1892, p. 206).

(3) *Procès-verbaux des Séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux* (Séance du 18 juillet 1901).

sont clinorhombiques et présentent les faces $o^1(101)$, $a^1(10\bar{1})$, $e^2(012)$, $m(110)$ (*fig.* 5). Les faces e^2 sont complètement arron-

Fig. 5.



dies et ne permettent aucune mesure; les faces m, très petites, sont bien planes. Il existe un clivage facile suivant $a^1(10\bar{1})$.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 1,1972 : 1 : 1,1996.$$
$$\beta = 80°19'40''.$$

	Angles des normales	
	calculés.	mesurés.
$mm(110)(\bar{1}10)$	Fond.	*80°.34′
$mo^1(110)(101)$	Fond.	*60.22 (app.)
$ma^1(110)(10\bar{1})$	Fond.	*65.19
$o^1a^1(101)(10\bar{1})$	89°53′	89.52
$o^1a^1(101)(\bar{1}01)$	90. 7	90. 0
$e^2e^2(012)(01\bar{2})$	61.12	»

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est parallèle au plan de symétrie. L'un des axes est presque normal à la face $o^1(101)$, l'angle *extérieur* de l'axe avec la normale à o^1, évalué avec un oculaire à micromètre, est de 3°,5 du côté de l'arête o^1h^1. Dans la naphtaline bromée, on voit le second axe à travers la face o^1 et à travers la face a^1 *postérieure;* l'angle des axes vus dans o^1 est de 69°33′30″ et dans les faces a^1 et o^1 de 76°57′. Avec l'indice de la naphtaline 1,658 et la valeur

89°53′ donnée par les mesures cristallographiques pour l'angle des faces o^1 et a^1 supérieures, il est facile de tirer des nombres précédents l'angle vrai des axes, l'angle de la bissectrice aiguë avec la normale à o^1 et par suite avec l'axe vertical, et d'une manière approchée l'indice moyen du cristal.

On trouve ainsi

$$2V_D = 76°23',$$
$$n_m = 1,592.$$

La bissectrice aiguë, qui est *positive*, fait avec l'axe vertical, dans l'angle *obtus* des axes, un angle de 13°53′.

Ces valeurs se rapportent à la raie D; d'ailleurs la dispersion des axes paraît insensible. Il n'y a pas de dichroïsme appréciable.

LXXXIV. — Iridochlorooxalonitrite de potassium

$$IrCl^2(C^2O^4)(AzO^2)^2K^3 + 2H^2O.$$

Ce sel a été obtenu par M. Vèzes, en même temps que le corps précédent [1]. Il constitue des cristaux orthorhombiques

Fig. 6.

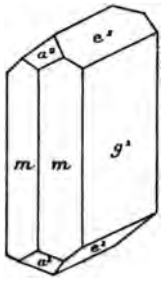
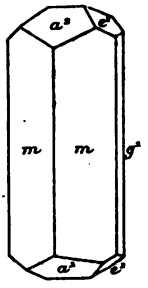


Fig. 7.



jaune orangé, présentant les faces $m(110)$, $g^1(010)$, $e^1(011)$

---

[1] Vèzes, *loc. cit.*

et a^2(102). Ils sont le plus souvent aplatis suivant g^1, avec les faces m et e^1 dominantes, a^2 très petit ou manquant (*fig.* 6), ou bien en prismes formés des faces m, avec g^1 et e^1 très réduits (*fig.* 7). Je n'ai pas constaté de clivages.

Système orthorhombique.

$$a : b : c = 0,59101 : 1 : 0,81461.$$

	Angles des normales	
	calculés.	mesurés.
$mm(110)(1\bar{1}0)$	61°.10′	61°.12′
$mg^1(110)(010)$	Fond.	*59.25
$e^1e^1(011)(0\bar{1}1)$	Fond.	*78.20
$e^1g^1(011)(010)$	50.50	50.46
$a^2a^2(102)(\bar{1}02)$	69. 9	69.10
$a^2e^1(102)(011)$	50.19 ½	50.19
$me^1(110)(011)$	71.15	71.17
$ma^2(110)(102)$	60.45	60.46

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est parallèle à h^1(100); la bissectrice aiguë, *positive*, est normale à g^1(010). Les axes se voient dans g^1, avec une dispersion très marquée; on a en effet, dans l'air,

$$2E = 56°.12' \text{ (lithium)},$$
$$63.24 \text{ (sodium)},$$
$$70.24 \text{ (thallium)}.$$

Les indices pour la raie D, mesurés au réfractomètre Abbe-Pulfrich, ont été trouvés égaux à

$$n_g = 1,6692,$$
$$n_m = 1,5791,$$
$$n_p = 1,5689.$$

Ces valeurs conduisent pour l'angle des axes à

$$2V = 38^\circ 49',$$
$$2E = 63^\circ 19'.$$

LXXXV. — Nitrilopentachloroosmiate de potassium.

$OsAzCl^5K^2$.

Ce sel a été obtenu et décrit par MM. Werner et Dinklage [1]. Les cristaux que j'ai étudiés ont été préparés par M. Wintrebert, qui a bien voulu me les communiquer.

Ils constituent des prismes orthorhombiques, d'un rouge rubis très foncé, formés des faces g^1(010), m(110), $b^{\frac{1}{2}}$(111), dominantes, a^1(101), manquant parfois, et p(001), rare et très

Fig. 8.

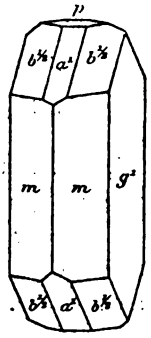
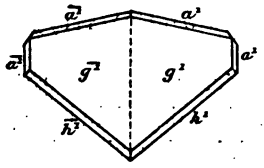


Fig. 9.



petite (*fig.* 8). Ils sont aplatis suivant g^1 et ne présentent pas de clivages.

J'ai observé des cristaux très minces maclés avec a^1 comme plan d'assemblage (*fig.* 9).

---

(1) *Berichte d. d. chem. Gesells*, t. XXXIV (2), 1901, p. 2701.

Système orthorhombique.

$a : b : c = 0,68685 : 1 : 0.55670.$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
$mg^1(110)(010)$	55°.31′	55°.32′
$mm\ (110)(1\bar{1}0)$	Fond.	*68.58
$pa^1\ (001)(101)$	39. 1 ½	39. 1
$a^1a^1(101)(\bar{1}01)$	Fond.	*78. 3
$g^1b^{\frac{1}{2}}(010)(111)$	66.37 ½	66.38
$b^{\frac{1}{2}}a^1(111)(101)$	23.22 ½	23.23
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111)(1\bar{1}1)$	46.45	46.44
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111)(\bar{1}11)$	70.37	70.37
$ma^1(110)(101)$	58.44	58.45
$mb^{\frac{1}{2}}(110)(111)$	45.29	45.28
$pb^{\frac{1}{2}}\ (001)(111)$	44.31	44.32
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111)(\bar{1}\bar{1}1)$	89. 2	89. 0

Les cristaux sont dichroïques; dans le plan g^1, les vibrations perpendiculaires à la base p donnent une couleur rouge-rubis assez claire, les vibrations parallèles à p une couleur rouge brun beaucoup plus foncée. On ne voit pas d'axes dans g^1; le plan des axes optiques paraît être parallèle à cette face.

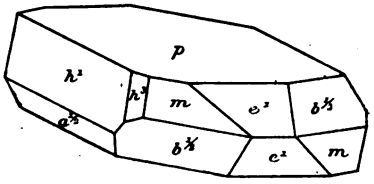
LXXXVI. — Acide méthylarsinique

$CH^3.AsO(OH)^2.$

Les cristaux que j'ai étudiés m'ont été obligeamment remis par MM. Chenal et Douilhet, fabricants de produits chimiques. Ils ont d'assez grandes dimensions, pouvant atteindre plu-

sieurs centimètres de longueur; ils sont tendres et flexibles comme du talc; le clivage parfait qu'ils présentent est parallèle à la face que j'ai notée $p(001)$. Les faces, d'ailleurs, sont bien planes dans les petits cristaux et les mesures concor-

Fig. 10.



dantes. Ces cristaux sont formés des faces $p(001)$, $h^1(100)$, $a^{\frac{1}{2}}(20\bar{1})$, $m(110)$, $h^3(210)$ (très rare), $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$ et $e^1(011)$ (*fig.* 10). Ils sont généralement allongés suivant la zone ph^1.

Système clinorhombique.

$$a : b : c = 1,53153 : 1 : 1,25769.$$

$$\beta = 81^\circ 1'.$$

	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
ph^1 (001)(100)	Fond.	*81° 1′
$pa^{\frac{1}{2}}$ (00$\bar{1}$)(20$\bar{1}$)	65°22′½	65.23
$h^1a^{\frac{1}{2}}$(100)(20$\bar{1}$)	33.36½	33.37
h^1m(100)(110)	Fond.	*56.32
mm(110)($\bar{1}$10)	66.56	66.56
h^1h^3(100)(210)	37. 6	37. 5
pe^1 (001)(011)	Fond.	*51.10
e^1e^1 (011)(01$\bar{1}$)	77.40	77.40
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$(11$\bar{1}$)($\bar{1}$11)	87.34	87.37

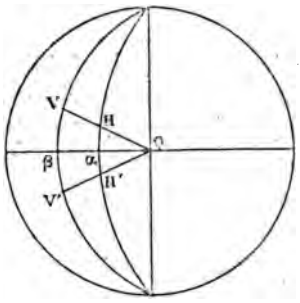
	Angles des normales calculés.	Angles des normales mesurés.
pm (001)(110)	85° 3′ ½	85° 5′
$mb^{\frac{1}{2}}$ (110)(11$\bar{1}$)	35.22 ½	35.22
$pb^{\frac{1}{2}}$ (00$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)	59.34	59 32
h^1e^1 (100)(011)	84.23	84.22
$e^1b^{\frac{1}{2}}$ (011)($\bar{1}$11)	28.21	28.21
$h^1b^{\frac{1}{2}}$ ($\bar{1}$00)($\bar{1}$11)	67.16	67.18
$a^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ (20$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)	50.14 ½	50.15
$b^{\frac{1}{2}}m$ (11$\bar{1}$)($\bar{1}$10)	67. 6	67. 8
$ma^{\frac{1}{2}}$ ($\bar{1}$10)($\bar{2}$01)	62.39 ½	62.37
me^1 (110)(011)	45.16	45.14
me^1 (110)(01$\bar{1}$)	53.26	53.24
$e^1a^{\frac{1}{2}}$ (011)($\bar{2}$01)	74.51	74.52
$e^1b^{\frac{1}{2}}$ (011)(11$\bar{1}$)	75.50	75.50

Propriétés optiques. — Les cristaux de l'acide méthylarsinique présentent des axes très peu écartés dans un plan perpendiculaire à g^1 (010); la bissectrice aiguë, *négative*, se trouve dans le plan de symétrie et fait avec l'axe vertical, dans l'angle *aigu* des axes cristallographiques, un angle de 53° ⅓. Pour mesurer cet angle, j'ai observé sur un cristal immergé dans l'iodure de méthylène, et dont le plan des axes était parallèle à l'axe de rotation, les limites de réflexion totale qui donnent le rapport de l'indice du liquide à l'indice *maximum* du cristal, et l'angle du plan des axes optiques avec la normale à la plaque; les deux axes sont en effet visibles à la fois dans le champ de l'instrument et l'on peut amener sur le fil vertical du réticule les centres des anneaux.

On fait subir à l'indice relatif trouvé une petite correction

pour ramener l'angle limite à ce qu'il aurait été avec l'indice moyen; cette correction se fait très exactement, car $n_g - n_p$ est très bien connu par l'angle des axes optiques. Soient (*fig.* 11) O la trace de la normale à la plaque, V et H les axes

Fig. 11.



optiques intérieurs et extérieurs; l'angle mesuré est $O\alpha$, et l'on a

$$\sin O\beta = \sin O\alpha \frac{\operatorname{tang} V\beta}{\operatorname{tang} H\alpha}.$$

On connaît $V\beta$ demi-angle des axes et l'indice relatif, d'où la valeur de $O\beta$. Deux mesures différentes m'ont donné **62°18'** et **62°26'**. On en tire avec la valeur de ph^1, qui est **81°1'**, la valeur moyenne rapportée plus haut, pour l'angle avec l'axe vertical.

L'angle des axes se mesure en inclinant le cristal autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation, de manière que les deux axes puissent être amenés au milieu du champ. On a (*fig.* 11) $\sin V = n \sin H$, n étant l'indice relatif du liquide et du cristal (indice moyen). A cause de la petitesse de l'angle des axes, il suffit de valeurs approchées de l'indice : une erreur de trois unités du *troisième* ordre dans l'indice moyen donne pour V une erreur de moins d'une minute. Deux séries de mesures faites dans l'iodure de méthylène et dans la naph-

taline bromée m'ont conduit à des valeurs identiques pour l'angle V. La dispersion des axes est assez grande : on a, pour $t = 24°$ C.,

$$2V = 9^{\circ}.5' \text{ (lithium)},$$
$$14.24 \text{ (sodium)},$$
$$17.46 \text{ (thallium)}.$$

La mesure des indices par réflexion totale présente quelques difficultés, à cause de la rareté des cristaux un peu étendus et bien plans, ce qui tient à la grande flexibilité de la substance et à l'impossibilité de la tailler. On ne pouvait songer à mesurer isolément les indices maximum et moyen et à en tirer une vérification quelconque de la valeur de l'angle des axes, étant donnée la petitesse de cet angle. Mais des valeurs même approchées de l'indice minimum et de l'un des deux autres indices principaux permet de calculer exactement la différence des deux plus grands indices, et par suite la différence d'angle limite qui leur correspond; on peut alors faire servir toutes les mesures à la détermination de l'un de ces indices.

J'ai ainsi été conduit au Tableau suivant qui résume les propriétés optiques de la substance.

Angle de la bissectrice aiguë avec l'axe vertical : $53° \frac{1}{3}$ dans l'angle aigu (D).

	2V.	$n_g - n_m$.
Li	9°. 5′	0,000249
D	14.24	638
Tl	17.46	979

	n_g.	n_m.	n_p.
Li	1,5417	1,5415	1,5037
D	1,5463	1,5457	1,5074
Tl	1,5499	1,5490	1,5105

Détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal;

Par M. C. Viola.

Je me suis proposé [1] de revenir sur la détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal pour discuter la méthode de M. A. Cornu [2], et pour en faire la comparaison avec la mienne.

La figure 1 donne en projection stéréographique les trois plans principaux, XY, YZ, ZX, de la surface de l'onde du cristal rapportés au plan sur lequel on observe la réfraction totale. La normale à ce plan se projette dans le pôle N, et les directions selon lesquelles on mesure les minima et les maxima de la réfraction totale sont données en projection par NA, NB, NC, ND. Les trois premières déterminent la position des trois plans principaux XY, YZ et ZX; en effet on a

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} \operatorname{tang}^2\alpha &= -\frac{\cos\widehat{BC}}{\cos\widehat{AB}\cos\widehat{CA}},\\ \operatorname{tang}^2\beta &= -\frac{\cos\widehat{CA}}{\cos\widehat{BC}\cos\widehat{AB}},\\ \operatorname{tang}^2\gamma &= -\frac{\cos\widehat{AB}}{\cos\widehat{CA}\cos\widehat{BC}}. \end{aligned}\right.$$

Voilà les trois équations que j'avais [3] établies pour dé-

---

(1) C. Viola, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 1902, t. XXV.

(2) A. Cornu, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 1902, t. XXV.

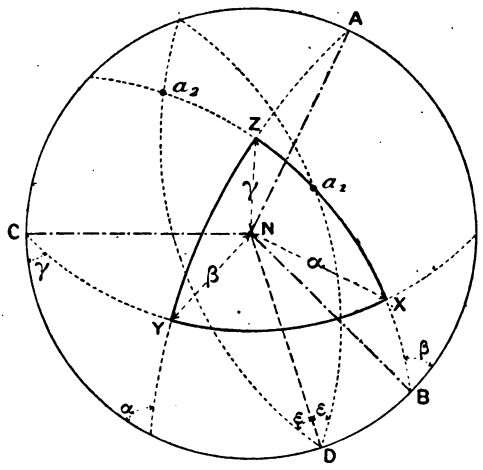
(3) C. Viola, *R. Accademia dei Lincei, Rendiconti*, 1899, t. I, p. 279.

terminer l'orientation du plan de section et qui furent données plus tard par M. A. Cornu [1].

Mais, pour pouvoir se servir de cette relation, on doit avant tout ôter l'ambiguïté dérivant des deux directions NB et ND.

Il est facile de trouver la condition à laquelle satisfait la direction ND. En menant par ND et par les deux axes des

Fig. 1.



rayons du cristal deux plans, on comprend que ND doit partager par moitié l'angle 2ε formé par ces deux plans (Da_1 et Da_2 dans la figure 1).

Le plan de polarisation du rayon ND est normal à son plan d'incidence, tandis que le plan de polarisation du rayon NB fait avec son plan d'incidence l'angle $90°-\beta$.

On peut donc facilement reconnaître d'un coup d'œil ce qui doit être le rayon NB.

---

[1] A. Cornu, *Comptes rendus*, 1901.

La détermination du plan de polarisation est sans doute entachée d'erreur. Cette erreur est comprise entre 2° et 4°.

On doit donc dire que l'ambiguïté entre NB et ND est ôtée avec une incertitude qui peut s'élever à 4°.

On voit de plus que cette indécision se présente seulement quand la normale N de la section du cristal forme avec la direction principale Y un angle compris dans 4°, c'est-à-dire quand la section est à peu près parallèle au plan des axes optiques. Dans ce cas les phénomènes des axes optiques apparaissent, parce que les deux courbes limites de la réflexion totale se rapprochent. La direction ND partage par moitié les deux lieux où les courbes limites se rapprochent.

On conclut alors qu'il est toujours possible d'ôter l'ambiguïté entre NB et ND en se servant des plans de polarisation; et par conséquent *une section quelconque est toujours suffisante pour déterminer complètement en grandeur et en direction les trois paramètres principaux d'un cristal.*

Je doute qu'il puisse y avoir une méthode plus simple que la mienne. Les trois équations (1) peuvent même être remplacées par une construction très facile que nous verrons à la fin de cette Note.

M. *Cornu* a indiqué une méthode très ingénieuse pour ôter l'ambiguïté entre NB et ND, en employant la valeur de l'indice de réfraction dans les rayons NB et ND.

Les quatre indices qui résultent de l'observation sont n_x, n_y, n_z et n; et il s'agit de distinguer entre les deux n_y et n.

La valeur qui résulte de l'expression

$$(2) \qquad v^2 = n_x^2 \cos^2\alpha + n_y^2 \cos^2\beta + n_z^2 \cos^2\gamma$$

doit être précisément égale à n.

Mais, à cause de l'incertitude avec laquelle sont déterminées α, β, γ, cette comparaison devient pratiquement inutile. Alors M. Cornu calcule la position que doit avoir le

rayon ND dans les deux hypothèses que NB ou ND soit le rayon déterminant l'index moyen de réfraction.

M. Cornu [1] établit les relations suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} \operatorname{tang}\widehat{AD} = \operatorname{tang}\widehat{BC}\,\dfrac{n_x^2 - \nu^2}{n_y^2 - n_z^2}, \\ \operatorname{tang}\widehat{BD} = \operatorname{tang}\widehat{CA}\,\dfrac{n_y^2 - \nu^2}{n_z^2 - n_x^2}, \\ \operatorname{tang}\widehat{CD} = \operatorname{tang}\widehat{AB}\,\dfrac{n_z^2 - \nu^2}{n_x^2 - n_y^2}, \end{cases}$$

Mais l'erreur accompagnant la valeur de ν tombe dans les angles $\widehat{AD}$, $\widehat{BD}$ et $\widehat{CD}$, de manière que l'incertitude de la position de ND devient très grande.

L'erreur est naturellement du même ordre que celui dont est affecté l'angle calculé des axes optiques.

Nous allons démontrer ceci par un exemple. A cet effet on prend les mesures de M. Cornu sur l'acide tartrique. Ce savant a donné les données suivantes :

$$\begin{aligned} n_x &= 1,4965, & \widehat{AB} &= 63^\circ.25', \\ n_y &= 1,5363, & \widehat{BC} &= 50.15, \\ n_z &= 1,6063, & \widehat{CA} &= 66,20 - 180. \\ n &= 1,5526, \end{aligned}$$

Si l'on prend n_y comme valeur moyenne des paramètres principaux, on trouve :

$$\begin{aligned} \nu &= 1,5537 \\ n &= 1,5526 \\ \hline \text{obs.} - \text{calc.} &= -0,0011; \end{aligned}$$

de plus :

$\widehat{AD} = +43^\circ 40'$ calc.	$\widehat{BD} = -19^\circ 45'$ calc.	$\widehat{CD} = -70^\circ\ 0'$ calc.
$+43^\circ 15'$ obs.	$-20^\circ 10'$ obs.	$-70^\circ 25'$ obs.

[1] A. Cornu, *op. cit.*

Ce résultat du calcul fait croire que l'hypothèse est bien choisie; mais nous verrons que dans la seconde hypothèse les résultats sont à peu près les mêmes. Nous avons dans la seconde hypothèse :

$\widehat{AD} = 43^\circ.15'$	$\widehat{AB} = 63^\circ.25'$
$\widehat{DC} = 70.25$	$\widehat{DB} = 20.10$
$\widehat{CA} = 113.40$	$\widehat{CB} = -50.15$

$\log \cot \widehat{AC} = 9,64175$	$\log \cos^2 \alpha = 9,66830$	$\cos^2 \alpha = 0,46591$
$\log \cot \widehat{DA} = 0,02655$	$\log \cos^2 \beta = 9,55770$	$\cos^2 \beta = 0,37818$
$\log \cot \widehat{DC} = 9,55115$	$\log \cos^2 \gamma = 9,19290$	$\cos^2 \gamma = 0,15592$
		$1,00001$

$$n_x = 1,49647 \qquad n = 1,55260 \qquad n_z = 1,60630$$
$$n_x^2 = 2,23945 \qquad n^2 = 2,41057 \qquad n_z^2 = 2,58025$$

$n_x^2 \cos^2 \alpha = 1,0433$	$\nu = 1,5353$ calc.
$n^2 \cos^2 \beta = 0,9116$	$n_y = 1,5363$ obs.
$n_z^2 \cos^2 \gamma = 0,4023$	$-0,0010 =$ obs. — calc.
$\nu^2 = 2,3572$	

$$\alpha = 46^\circ 57', \qquad \beta = 52^\circ 03', \qquad \gamma = 66^\circ 45'.$$

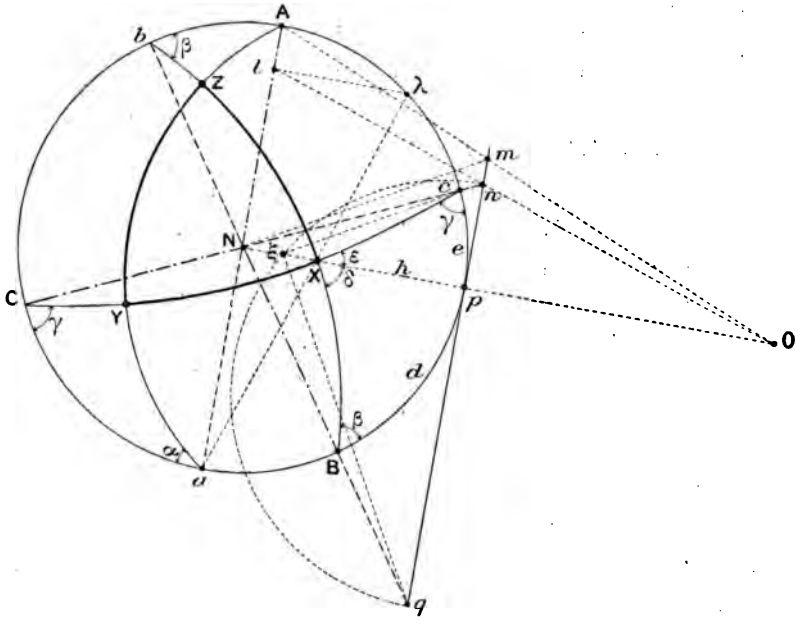
$n_x^2 - n^2 = -0,17112$	$n_x^2 - \nu^2 = -0,1178$
$n^2 - n_z^2 = -0,16968$	$n^2 - \nu^2 = +0,0534$
$n_z^2 - n_x^2 = +0,34080$	$n_z^2 - \nu^2 = +0,2230$

$\log \operatorname{tang} \widehat{DC} = 0,44885$	$\log \operatorname{tang} \widehat{CA} = 0,35825$	$\log \operatorname{tang} \widehat{AB} = 9,97345$
$\log(n_x^2 - \nu^2) = 9,07115\,n$	$\log(n^2 - \nu^2) = 8,72754$	$\log(n_z^2 - \nu^2) = 9,34831$
$-\log(n^2 - n_z^2) = 0,77037\,n$	$-\log(n_z^2 - n_x^2) = 0,46750$	$-\log(n_x^2 - n^2) = 0,76670\,n$
$\log \operatorname{tang} \widehat{AB} = 0,29037$	$\log \operatorname{tang} \widehat{DB} = 9,55329$	$\log \operatorname{tang} \widehat{CB} = 0,08846\,n$
$\widehat{AB} = 62^\circ 52'$	$\widehat{DB} = 19^\circ 40'$	$\widehat{CB} = -50^\circ 48'$
obs. $63^\circ 25'$	obs. $20^\circ 10'$	obs. $-50^\circ 15'$

Les différences tombent exactement dans l'incertitude des mesures, comme dans la première hypothèse.

A la fin de ce long calcul, on ne peut pas prendre une décision relative à l'ambiguïté du problème, tandis que, si l'on tient compte de l'angle de polarisation formé avec le plan d'incidence, on résout la question tout de suite. En effet, le plan de polarisation du rayon NB fait avec le plan d'incidence 40° (90° — β) que l'on a mesurés; le plan de polarisation du rayon ND fait 90° avec le plan d'incidence.

Fig. 2.



Il peut être utile de déterminer graphiquement l'orientation des paramètres optiques principaux rapportés à la section du cristal, où l'on fait l'observation, sans résoudre les équations (1). Ce problème peut être utile tant que l'orientation

dont il s'agit est toujours approximative, et le calcul graphique offre des garanties satisfaisantes.

Dans la figure 1, on voit que la direction NX est normale à NA, NY à NB et NZ à NC. Allons déterminer le point X. Ce dernier doit se trouver sur No, qui est perpendiculaire à NA (*fig.* 2).

On fait

$$pX = h, \qquad pC = e, \qquad pB = d,$$

$$p\widehat{X}C = \varepsilon \qquad \text{et} \qquad p\widehat{X}B = \delta.$$

Des deux triangles XpC et XpB nous tirons les relations

$$\operatorname{tang} e = \operatorname{tang} \varepsilon \sin h,$$
$$\operatorname{tang} d = \operatorname{tang} \delta \sin h,$$

donc

$$\frac{\operatorname{tang} e}{\operatorname{tang} d} = \frac{\operatorname{tang} \varepsilon}{\operatorname{tang} \delta}.$$

Si nous tirons en p la tangente au cercle de projection stéréographique, nous aurons les deux points n et q, qui sont l'intersection de NC et de NB avec cette tangente ; et enfin nous traçons le demi-cercle $n\xi q$. Dans le triangle rectangulaire $n\xi q$ nous aurons précisément l'identité des angles suivants :

$$n\widehat{\xi}p = \varepsilon \qquad \text{et} \qquad q\widehat{\xi}p = \delta.$$

De plus on a une des relations précédentes

$$\frac{\sin h}{1} = \frac{\operatorname{tang} e}{\operatorname{tang} \varepsilon}.$$

Traçons la parallèle du point N à la droite ξn, et prolongeons-la jusqu'au point m. Alors on aura

$$\frac{\operatorname{tang} e}{\operatorname{tang} \varepsilon} = \frac{\overline{pn}}{\overline{pm}}.$$

Unissons m avec A, et prolongeons cette droite jusqu'à o;

en plus, joignant o et n et prolongeant cette ligne jusqu'à L, nous aurons :

$$\frac{\text{tang}\, e}{\text{tang}\, \varepsilon} = \frac{\overline{pn}}{\overline{pm}} = \frac{\overline{NA}}{\overline{Nl}}.$$

Si l'on admet que $\overline{NA}$ représente l'unité, on aura précisément $\overline{Nl} = \sin h$; et en conduisant la droite $l\lambda$ parallèle à Np, on obtiendra l'angle $\widehat{p\lambda} = h$.

Ayant porté le point λ dans la projection stéréographique, c'est-à-dire uni le point λ au point a, on aura dans l'intersection de cette dernière droite avec No le point cherché X.

On obtiendra d'une manière analogue la construction relative aux points Y et Z.

Sur les bandes biréfringentes provoquées par la pression, avec rupture des faces, sur les cristaux cubiques;

Par M. Paul Gaubert.

Un cristal cubique, comprimé mécaniquement, devient biréfringent, mais la double réfraction disparaît dès que la substance n'est plus soumise à la compression. Cependant on obtient une biréfringence permanente dans certaines conditions et en particulier dans le cas où la face cristalline sur laquelle s'exerce la pression présente des points de rupture. Ainsi, une pression exercée sur une lame isotrope de clivage de blende [1], de sel marin, de sylvine, etc., au moyen d'une aiguille pénétrant légèrement dans le cristal, provoque la formation de bandes biréfringentes dont la direction est en

---

[1] R. Brauns, *Die optischen Anomalien der Krystalle*. Leipzig, 1891.

rapport avec la symétrie cristalline. Un parallélépipède de sel gemme soumis à la torsion présente aussi des bandes ayant la double réfraction [1]. Cette biréfringence persiste indéfiniment à la température ordinaire. La collection de Minéralogie du Muséum possède des échantillons de sel gemme, ayant servi en 1867 aux expériences de Reusch, qui sont encore biréfringents.

M. R. Brauns a étudié cette double réfraction produite artificiellement sur le sel gemme, la sylvine, la blende, le nitrate de plomb, la senarmontite, et il a conclu de ses observations que les anomalies optiques de ces corps étaient dues à des pressions qui sont produites de diverses façons.

J'ai repris l'étude de cette double réfraction accidentelle en expérimentant sur les différentes faces du même cristal, afin de chercher les relations existant entre la production de la biréfringence et les autres propriétés cristallines, comme le clivage et l'élasticité.

M. R. Brauns a observé le phénomène en pressant avec une aiguille sur la face du cristal; dans certains cas, on a avantage à employer le dispositif suivant qui permet de se rendre compte de la variation de la biréfringence avec la pression et de faire des mesures de cette dernière.

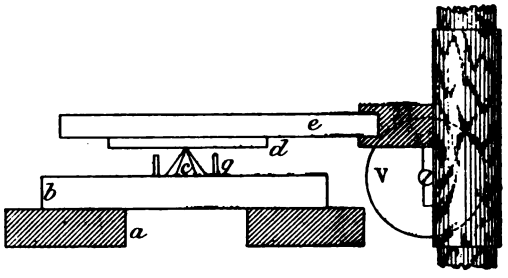
Une petite lentille demi-boule ou un rubis spinelle taillé en pyramide *c* (*fig.* 1) reposent, la première par la surface plane, le second par la table sur une lame de glace *b* qui sert de porte-objet, et sont placés au centre du champ du microscope. La lame du cristal *d* sur laquelle on veut expérimenter vient s'appliquer sur la pointe du spinelle ou sur la partie sphérique de la demi-boule. Comme les rayons lumineux traverseraient mal le spinelle ou la demi-boule, un anneau de verre *g* collé sur la lame et enveloppant ces derniers retient le liquide.

---

[1] Reusch, *Pogg. Ann.*, t. CXXXII, p. 443.

Cet anneau n'est pas tout à fait aussi haut que la pointe en spinelle, mais on met une goutte de liquide sur la partie du cristal qui sera touchée par la pointe, et alors les rayons traversent.

Fig. 1.



La lame cristalline ou même le cristal à examiner sont collés sur une autre lame de glace *e* qui est fixée à une tige que l'on peut mettre en mouvement au moyen d'une vis V.

Ce dispositif permet de se rendre compte qu'on a d'abord, tout autour du point pressé, une biréfringence qui est à peu près égale dans tous les sens, et que cette double réfraction ne persiste surtout, après que l'action a cessé, que dans certaines directions en rapport avec la symétrie du cristal.

J'ai employé ce procédé avec le microscope ordinaire, ou avec le microscope renversé de M. Wyrouboff. J'ai aussi dans certains cas placé le cristal sur la glace *b* et collé la pyramide de spinelle sur la lame *e*.

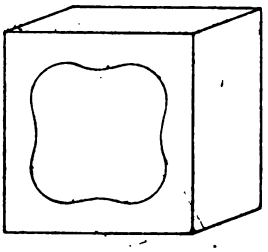
Des observations ont été surtout faites sur les minéraux suivants :

Blende. — M. R. Brauns a observé qu'une pression exercée sur une lame de clivage de blende provoque la production de deux bandes biréfringentes perpendiculaires aux côtés du rhombe (*fig.* 2). Le plus petit indice de réfraction est dirigé suivant les

bandes. M. Buttgenbach (1) a repris dernièrement l'étude de ce phénomène.

Pour établir si la direction des bandes était constante, j'ai examiné l'effet de la pression sur une face du cube.

Fig. 2.



Il y a dans ce cas production de deux bandes biréfringentes dirigées suivant les diagonales de la face du cube comme dans le sel gemme. L'allongement est aussi négatif. Suivant que la pression est plus ou moins forte, la biréfringence varie plus ou moins à vue d'œil, et la variabilité de la biréfringence avec la pression sur cette face est plus grande que sur la face du dodécaèdre rhomboïdal. Les bandes sont beaucoup plus larges que sur cette dernière face, et la biréfringence existe même tout autour du point pressé, mais elle est plus énergique et plus étendue suivant les diagonales, de telle façon que le phénomène peut être représenté par la courbe donnée par la figure 2.

Sur les faces octaédriques le phénomène a aussi lieu.

On voit donc que les bandes biréfringentes se produisent suivant la direction de l'axe ternaire, ou plutôt suivant les projections de ces axes sur la face considérée.

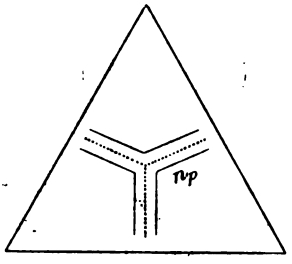
Sur la face du dodécaèdre rhomboïdal, deux axes ternaires se projettent sur la même direction, mais en *sens inverse*, et

(1) H. Buttgenbach, *Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXVIII, p. B.240.

dans ce cas il n'y a pas formation de plages biréfringentes.

Sel gemme. — Les bandes biréfringentes formées sur la face du cube sont bien connues. Sur les faces de l'octaèdre on observe trois bandes biréfringentes partant du point où la face a été traversée et se dirigeant parallèlement aux bissectrices du triangle, mais vers le sommet seulement. L'allongement de

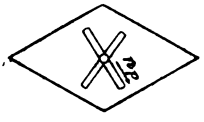
Fig. 3.



ces bandes est encore négatif. La biréfringence est plus faible que celle qui est observée sur les faces du cube. Il y a formation de fissures dont la direction est celle des bandes (*fig.* 3).

Sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal il y a production

Fig. 4.



de deux bandes biréfringentes négatives ayant la même direction que dans la blende (*fig.* 4).

Sylvine. — Les faces du cube ont été étudiées par M. R. Brauns. Une face artificielle taillée parallèlement à b^1 donne deux bandes biréfringentes à allongement négatif et identiques à celle du chlorure de sodium et de la blende.

Iodure de potassium. — Les phénomènes sont les mêmes sur les différentes faces qu'avec le chlorure de sodium.

Salmiac. — Les échantillons examinés proviennent des environs de Saint-Étienne. Ils présentent des anomalies optiques qui gênent l'observation de la double réfraction produite par le choc. Sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal on observe en effet des bandes biréfringentes parallèles à côté du rhombe et quelquefois aussi des bandes parallèles à la petite diagonale. Ces dernières ont tantôt un allongement positif, tantôt négatif.

Une pression exercée sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal produit deux bandes biréfringentes, à allongement négatif et perpendiculaire aux côtés du rhombe (*fig.* 4). Le phénomène est donc le même que pour la blende, mais dès qu'on enlève l'aiguille la biréfringence diminue notablement.

Sur la face de l'octaèdre, il y a production de trois bandes.

La face du cube en donne deux à angle droit, dirigées suivant les diagonales.

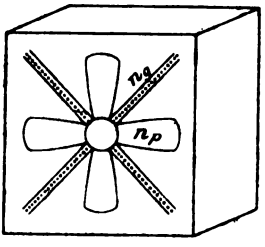
Boracite. — La boracite, comme l'a démontré M. Klein, devient monoréfringente à la température de 265°. Des cristaux chauffés au-dessus de cette température donnent des bandes biréfringentes mal définies dirigées suivant ces diagonales lorsqu'on produit un choc sur les faces du cube, mais cette biréfringence disparaît rapidement. Elle est difficile à constater, à cause de la température à laquelle le phénomène a lieu et surtout de la dureté du minéral. Il faut se servir d'une pointe en diamant.

Fluorine. — Avec la fluorine, le phénomène paraît être un peu plus complexe; cela tient probablement à ce que cette

substance a une structure très compliquée, comme l'a montré M. Wallerant [1].

Par l'action exercée avec une pointe sur la face de l'octaèdre, il y a production de trois fissures dues au clivage octaédrique. Suivant ces trois fissures, il se produit trois bandes biréfringentes dont le signe d'allongement est positif.

Fig. 5.



En outre, tout autour du point sur lequel on a fait agir une pointe, il y a production de plages biréfringentes comme dans le sel gemme, mais elles sont plus mal définies et sont aussi négatives. Il est nécessaire, pour constater le phénomène, d'avoir des cristaux ne présentant pas d'anomalie de structure, aussi purs que possible, car, par suite de la production des deux catégories de plages, le phénomène est plus ou moins masqué.

Sur les faces du cube il y a aussi formation de deux catégories de bandes : deux bandes à allongement positif dirigées suivant les diagonales de la face, et deux bandes rectangulaires dirigées pareillement aux côtés (*fig.* 5).

Ces dernières coïncident avec les secteurs produits par le choc. Sur les faces du cube on observe, en effet, des formes caractéristiques. La partie qui se détache est circulaire. Ces

---

[1] F. Wallerant, *Bull. Soc. fr. de Min.*, t. XXI, 1898, p. 44.

figures de choc sont orientées de façon que les bras de la croix soient parallèles aux arêtes de la face, si la surface est bien plane et parfaite. On constate une certaine obliquité lorsque la face présente des irrégularités de structure.

Tous les corps précédents présentent des clivages; les deux suivants en sont absolument dépourvus.

Grenat almandin. — Les échantillons étudiés proviennent de Ceylan.

Le minéral étant assez dur, une pointe d'acier ne peut pas entamer facilement sa surface; aussi faut-il employer une pointe en diamant. Tout autour du point de pénétration il se produit une partie biréfringente très peu étendue; il vaut mieux, pour constater le phénomène, rayer la face étudiée. De chaque côté de la raie, il se produit une bande biréfringente très étroite, et à double réfraction faible, qu'on constate cependant facilement avec une lame de quartz teinte sensible.

L'orientation optique des plaques biréfringentes n'est pas constante, et le grenat paraît plutôt se comporter comme un corps vitreux que comme les minéraux précédemment étudiés.

Rubis spinelle. — En rayant une face octaédrique avec un diamant, il y a production de plaques biréfringentes très étroites et, comme dans le grenat, sans orientation optique constante.

Biréfringence accidentelle existant naturellement dans les cristaux. — J'ai examiné un grand nombre de plaques pour observer si, dans des cristaux n'ayant été soumis à aucune action mécanique artificielle analogue à celle qui a été étudiée ici, on observait des phénomènes semblables. Une plaque de fluorine blanche de Roumiga m'a seule fourni des plages

circulaires biréfringentes qui montrent qu'autour du point il existe des tensions. En effet, on observe une croix noire comme dans un sphérolite, et, si l'on fait tourner la plaque, on ne constate pas la biréfringence soit plus grande ou soit plus étendue à partir du centre dans certaines directions que dans les autres.

Action de la chaleur sur la double réfraction accidentelle. — M. R. Brauns a montré qu'à une température modérée le sel gemme, la blende, etc. artificiellement biréfringents redeviennent isotropes. J'ai constaté que la fluorine, le grenat, le spinelle reprennent aussi graduellement leur isotropie autour de la rayure quand on les chauffe, mais la température est beaucoup plus élevée que pour la blende. Avec cette dernière on observe un fait intéressant. La lame de clivage est portée à la température à laquelle la biréfringence provoquée artificiellement disparaît; avec une aiguille on exerce une pression, il y a production des bandes biréfringentes signalées plus haut, mais, dès que l'aiguille cesse d'agir, la chaleur fait disparaître ou affaiblit du moins très fortement la double réfraction, de telle sorte qu'en pressant plus ou moins sur l'aiguille, on voit la couleur des bandes augmenter ou diminuer à vue d'œil d'intensité beaucoup plus qu'à la température ordinaire. Le cristal paraît être élastique comme du caoutchouc. Un phénomène semblable se produit avec le sel gemme, la sylvine et probablement avec tous les corps.

Il résulte des observations qui précèdent que des bandes biréfringentes se produisent toujours dans les cristaux clivables. Dans les cristaux sans clivages, comme le grenat, le spinelle, les plages biréfringentes ne paraissent pas être orientées; cependant elles le sont dans le nitrate de plomb et le nitrate de baryte, qui n'ont pas de clivages (R. Brauns).

La direction de ces bandes est indépendante du clivage, puisqu'elle est la même dans les cristaux à clivage cubique que dans les cristaux de blende se clivant suivant les faces du dodécaèdre rhomboïdal et dans le salmiac, où le clivage est mal défini.

La formation de ces bandes ne paraît donc pas être en relation avec l'existence des plans de glissement qui sont, comme l'a démontré M. O. Mügge, en rapport avec des clivages déterminés.

Les bandes biréfringentes se produisent suivant la projection des axes ternaires du cristal.

C'est sur la face du dodécaèdre rhomboïdal que la production des bandes est la plus nette et la plus facile; ensuite, c'est sur la face du cube et enfin sur celle de l'octaèdre.

Il est à remarquer, à ce propos, que cette facilité est en relation avec la valeur que fait la face considérée avec les axes ternaires. On a, en effet :

Angle des axes ternaires, avec				b^1.....	35°.16′
»	»	»	»	p.....	54.44
»	»	»	»	a^1.....	70.32

Dans les corps sans clivage, les bandes sont beaucoup moins nettes que lorsqu'un clivage existe, et, dans les corps très durs, il est difficile de provoquer leur formation et elles sont toujours très peu étendues.

Explication du phénomène. — On peut faire deux hypothèses pour expliquer cette double réfraction ainsi produite :

1° Admettre que les molécules constituant le cristal sont anatropes et que l'ébranlement moléculaire dû à ce que la limite d'élasticité est dépassée leur fait quitter la position primitive dans laquelle leur groupement produisait un corps isotrope, pour prendre une position nouvelle dans laquelle la compensation optique n'a plus lieu;

2° Supposer que les molécules, sans changer leur orientation, ont été comprimées, comme dans le cas des expériences de Brewster, de Bücking, etc., mais que, la limite d'élasticité ayant été dépassée, le cristal ne revient plus à son état primitif, le cristal ayant une certaine plasticité.

Je ferai remarquer la concordance qui existe entre les faits qui nous occupent et ce que l'on sait sur l'élasticité des corps cubiques. On a vu que la plus grande longueur des bandes biréfringentes, c'est-à-dire la direction suivant laquelle le cristal se modifie le plus facilement, coïncide avec la projection de l'axe ternaire sur la face considérée; or les observations de Voigt, de Groth, etc., sur des cristaux de substance clivables, montrent que les coefficients d'élasticité ne sont pas les mêmes dans un cristal cubique suivant les différentes axes, le coefficient le plus faible se rapportant à l'axe ternaire. La limite d'élasticité ou la plasticité doit aussi être différente. Il est même probable que cette différence dans les coefficients est plus grande pour les corps clivables que pour les corps sans clivages. Ainsi, dans l'alun, la différence entre les coefficients d'élasticité est plus petite que dans le sel gemme. Par conséquent, on peut admettre que la production des bandes biréfringentes est une conséquence de l'inégalité des coefficients d'élasticité suivant les différents axes.

J'ai fait de nombreux essais pour voir si les figures de corrosion produites sur les parties devenues artificiellement biréfringentes offraient des modifications en relation avec la symétrie optique. Je ne suis arrivé à aucun résultat.

Sur la forme cristalline des inosites;

Par M. G. Wyrouboff.

On sait que l'inosite, retirée d'abord des muscles et retrouvée plus tard dans un très grand nombre d'organes animaux ou végétaux, présente quatre modifications différentes : elle est inactive, droite, gauche, et, enfin, racémique par compensation. Parmi les nombreux sucres naturels ou synthétiques qu'on connaît actuellement, c'est le premier en date dont on ait réussi à préparer les quatre variétés possibles. De ces quatre variétés, toutes cristallisées, la première seule a été étudiée au point de vue de la forme géométrique.

Tout récemment, M. Tanret m'a remis quelques cristaux des quatre inosites, provenant de la belle collection de produits qu'il avait exposés en 1900. Je vais résumer ici le résultat de leur examen cristallographique.

1. *Inosite inactive.*

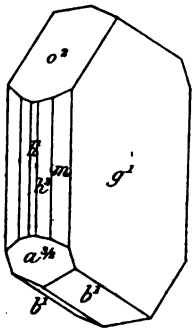
$C^6H^{12}O^6, 2H^2O$.

Elle a été mesurée par Zepharowich [1], Villiers [2] et Lewis [3], et leurs mesures très suffisamment concordantes ont été résumées dans l'Ouvrage de Rammelsberg. La forme du prisme clinorhombique choisie par ces auteurs a l'inconvénient de présenter des axes très inclinés, tandis qu'il est facile d'avoir des axes presque orthogonaux sans compliquer les symboles. Il suffit en effet de faire $p(001) = o^2(102)$, $a^1(\bar{1}01) = a^{\frac{3}{2}}(302)$ et $\bar{2}14 = b^1(\bar{1}12)$, tout en conservant la

(1) *Sitzb. Wien. Ak.*, (2), t. LVIII, 1868, p. 121.
(2) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, 1877, p. 393.
(3) *Zeitschr. f. Kr.*, t. II, 1878, p. 191.

même notation pour les faces de la zone prismatique; on a ainsi

$$1,0105 : 1 : 0,7819; \qquad \gamma = 90°37'.$$



Le tableau des angles donnés par Zepharowich et reproduit par Rammelsberg renferme plusieurs erreurs d'impression ou de calcul; je l'ai recalculé en prenant pour bases ses trois angles fondamentaux.

Faces observées : $h^1(100)$, $g^1(010)$, $m(110)$, $h^3(210)$, $a^{\frac{3}{2}}(\bar{3}02)$, $o^2(102)$, $b^1(\bar{1}12)$. La face $a^{\frac{3}{2}}(\bar{3}02)$ ne doit pas être habituelle, car je ne l'ai rencontrée sur aucun de mes cristaux. Clivage parfait g^1.

La forme ainsi orientée est extrêmement voisine d'un cube rapporté à deux axes binaires et un axe quaternaire, ce qui donne le rapport

$$1:1:0,707.$$

Si l'on voulait conserver son symbole à la face $p(001)$ de Zepharowich, dont la normale se confond presque avec la bissectrice aiguë, tout en choisissant des axes presque orthogonaux, on aurait

$$1,0872:1:0,7253; \qquad \gamma = 91°16'.$$

Mais la notation des faces serait alors assez compliquée, car elles seraient : $a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01)$, $o^{\frac{1}{4}}(401)$, $d^{\frac{1}{8}}(441)$, $(\bar{4}21)$ et $(\bar{4}23)$.

Angles.	Calculés.	Mesurés. Zeph.	Vill.	Lewis.
	° ′	° ′	° ′	° ′
mm $(1\bar{1}0\,110)$	»	*89.24	89	89.37
h^3h^3 $(2\bar{1}0\,210)$	126.24	»	»	»
h^3g^1 $(210\,010)$	116.48	»	»	116.47
h^3m $(210\,110)$	161.30	162.18	»	»
a^1h^1 $(\bar{1}01\,\bar{1}00)$	138.55	138.44	»	139. 8
h^1o^2 $(100\,102)$	»	*111.39	»	»
$o^2a^{\frac{3}{2}}$ $(102\,\bar{3}02)$	»	109.26	109.57	»
b^1b^1 $(\bar{1}\bar{1}2\,\bar{1}12)$	139.52	140	»	»
b^1h^1 $(\bar{1}12\,\bar{1}00)$	109.16	»	»	»
b^1m $(\bar{1}12\,\bar{1}10)$	118.26	»	»	»
b^1h^3 $(\bar{1}12\,\bar{2}10)$	116.42	»	»	»
$a^{\frac{3}{2}}m$ $(\bar{3}01\,\bar{1}10)$	122. 1	»	»	»

Le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de symétrie. La bissectrice aiguë positive fait un angle de 17° avec c dans γ obtus, et par conséquent un angle de 4°39′ avec une normale à o^2. Biréfringence forte, $2E = 47°20'$. Dispersion assez forte avec $\rho < \nu$.

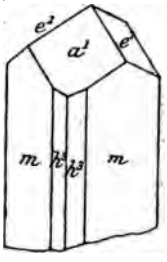
2 et 3. *Inosites lévogyre et dextrogyre.*
$C^6H^2O^6, 2H^2O$.

La première a été préparée par M. Tanret au moyen de la québrachite [1], la seconde par M. Maquenne au moyen de la pinite [2]. Au pouvoir rotatoire près, les deux corps ont les mêmes propriétés chimiques et physiques ; leur forme cristal-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CIX, 1889, p. 908.
[2] *Idem*, p. 812 et 968.

line est identique, du moins quant à la symétrie et aux symboles des faces, car je n'ai pu avoir pour la variété dextrogyre que des mesures très médiocres ne permettant pas de calculer les paramètres avec une suffisante approximation. MM. Maquenne et Tanret (1) ont décrit ces cristaux comme des *prismes rhomboïdaux hémièdres;* ce diagnostic, basé probablement sur la croyance fort répandue que tout corps optiquement actif doit nécessairement posséder des facettes plagièdres, ne correspond pas à la réalité. Les cristaux sont orthorhombiques et ne possèdent que les faces m(110), h^3(210), a^1(101) et e^1(011); ils ne peuvent donc pas présenter d'hémiédrie non superposable.



0,9556 : 1 : 0,7726, in. lévogyre.

Angles.	Calculés.	Mesurés. Lévogyre.	Mesurés. Dextrogyre.
	° ′	° ′	° ′
mm ($1\bar{1}0$ 110)	»	*92.36	»
h^3h^3 ($2\bar{1}0$ 210)	128.56	»	»
h^3m, (210 110)	162. 2	162	162.10
a^1m (101 110)	»	*117. 2	117.12
a^1a^1 ($\bar{1}01$ 101)	102. 6	102.10	102.10
a^1e^1 (101 011)	127.59	128	128
e^1e^1 ($0\bar{1}1$ 011)	104.38	»	»
e^1m (011 110)	114.58	114.54	»

(1) *Comptes rendus,* t. CX, 1890, p. 86.

Le plan des axes optiques est parallèle à h^1 (100) et la bissectrice aiguë positive perpendiculaire à la base.

La biréfringence n'est pas très forte; la dispersion assez notable avec $\rho > \nu$. J'ai trouvé $2E = 42°50'$ pour le corps lévogyre et $42°12'$ pour le corps dextrogyre.

On remarquera la grande analogie de forme qui existe entre les variétés inactives et actives de l'inosite, qui ont d'ailleurs la même hydratation.

On a en effet

$$1,0105:1:0,7819; \quad \gamma = 90°37' \text{ inactive,}$$
$$0,9556:1:0,7725; \quad \gamma = 90° \quad \text{lévogyre.}$$

4. *Inosite racémique.*

$C^6H^{12}O^6$.

Un mélange équimoléculaire des deux inosites actives donne immédiatement un corps quinze fois moins soluble qui cristallise anhydre en cristaux atteignant rarement 2^{mm} dans leur plus grande dimension. Les cristaux sont toujours maclés

Fig. 1.

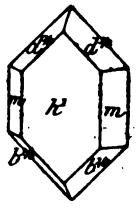
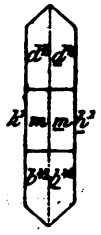


Fig. 2.



par hémitropie autour d'une normale à h^1 (100) (*fig.* 2), et, comme ils sont le plus souvent implantés par un bout, on peut les prendre pour orthorhombiques. En réalité, ils sont clinorhombiques (*fig.* 1) avec le plan des axes optiques parallèle au plan de symétrie, l'un des axes étant visible au bord du champ à travers la face h^1(100).

Faces observées : $h^1(100)$, $m(110)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$.

1,2107:1:1,0761; $\gamma = 91°55'$.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
mm $(1\bar{1}0\,110)$	79°. 8′	79° ′
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}$ $(1\bar{1}1\,111)$	»	*103.20
$d^{\frac{1}{2}}h^1$ $(111\,100)$	»	*122. 8
$d^{\frac{1}{2}}m$ $(111\,110)$	144.47	144.40
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ $(\bar{1}11\,\bar{1}11)$	101.28	101.38
$b^{\frac{1}{2}}h^1$ $(\bar{1}11\,\bar{1}00)$	»	*120.12
$b^{\frac{1}{2}}m$ $(\bar{1}11\,\bar{1}10)$	143.57	143.56

Si l'on échange les axes a et c et si l'on donne à l'octaèdre la notation (332), les paramètres deviennent

1,0761 : 1 : 0,8072;

par conséquent très voisins de ceux des autres variétés de l'inosite.

Minéraux nouveaux.

Brunsvigite. — La brunsvigite forme des masses de couleur vert brun, cryptocristallines, foliacées ou sphérolitiques, se trouvant dans des fentes étroites du gabbro, à Schmalenberg (Radauthal). Elle est surtout associée au quartz et à la calcite. Les lames cristallines ont un éclat gras. La dureté est intermédiaire entre 1 et 2 et la densité est de 3,1 à 15°C.

L'examen au microscope montre que les lames sont hexagonales, uniaxes et négatives. Ces lames se clivent parallèle-

ment à leur base. La composition de la brunsvigite est la suivante :

SiO^2, 27,88; Al^2O^3, 15,81; Fe^2O^3, 1,77; FeO, 31,92; MnO, 0,51; CaO, 0,20; MgO, 9,52; H^2O, 11,97; H^2O hygroscopique, 0,15.
Total, 99,73.

La formule empirique $6SiO^2$, $2Al^2O^3$, 6FeO, 3MgO, $8H^2O$ représente ces résultats, qui montrent que le minéral est une leptochlorite. D'après la théorie de Tschermak, la brunsvigite serait un mélange isomorphe de trois silicates (5 molécules du silicate $Si^2Mg^3H^4O^9$ + 3 molécules du silicate correspondant à l'amésite $SiAl^2Mg^2H^4O^9$ + 3 molécules d'un silicate dérivé du précédent $SiAl^2MgH^4O^8$) (J. Fromme, *Tschermak's Mittheil.*, nouvelle série, t. XXI, 1902, p. 171).

Manganosphœrite. — Ce minéral, de couleur rouge brun, forme des agrégats dans les pores du basalte accompagnant le carbonate de fer de la mine Louise, près Horhausen, Westerwald, mine qui pénètre dans les schistes dévoniens.

La densité est 3,63 à 4° et la dureté 4,5 à 5.

La composition est la suivante :

FeO, 36,72; MnO, 24,76; CO^2, 38,34,

ce qui correspond à un mélange de 3 parties de carbonate de fer et 2 parties de carbonate de manganèse. C'est une variété d'oligonite, qui est à ce dernier minéral comme le sphœrosidérite est à la sidérose (K. Busz, *Neues Jahrbuch für Min.*, t. II, 1901, p. 129).

ERRATA AU TOME XXV, N° 5.

Page 96, *au lieu de* voir les figures 1, 2, 3, *lire* voir les figures 7, 8, 9.

Page 96, ligne 5, *au lieu de* $e^{\frac{1}{2}}$, *lire* e^2,

		Mesuré.	Calculé.
Page 98, *au lieu de*	$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{13}{10}} =$	156° 18′	156° 16′
lire	»	155° 18′	155° 16′

Page 101, *au lieu de* e^{15}, *lire* e^{7}.

Le Secrétaire, gérant :
PAUL GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 7.

Séance du 13 novembre 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT annonce à la Société la mort de M. A. Damour, survenue depuis la dernière séance. M. Lacroix publiera prochainement une Notice nécrologique dans le *Bulletin*.

M. GENTIL offre à la bibliothèque de la Société un exemplaire de sa thèse de doctorat : *Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie)*.

M. TERMIER fait la Communication suivante :

Sur la célestine du Djebel Kebbouch et du Djebel Bezina (Tunisie);

Par M. PIERRE TERMIER.

La célestine semble être fréquente en Tunisie. Elle accompagne les minerais oxydés du zinc (smithsonite et calamine) dans les calcaires, dolomies et cargneules du Trias. Tantôt elle est intimement mélangée à la calamine ou à la smithsonite, qui forment elles-mêmes, au sein des sédiments triasiques, des amas très irréguliers; tantôt elle remplit seule

des fissures de quelques centimètres de largeur, qui découpent les calcaires et les dolomies au voisinage des amas calaminaires. On trouve fréquemment, dans les mêmes conditions, des cristaux, ou des masses cristallines, de barytine. Quant au gypse, il ne manque, pour ainsi dire, jamais dans les affleurements triasiques; mais c'est surtout parmi les argiles versicolores qu'on le rencontre, et quand il s'y mêle des minerais métalliques ce sont généralement des sulfures (blende, galène ou pyrite).

DJEBEL KEBBOUCH.

Le Trias affleure sur le versant sud-ouest du Djebel Kebbouch, à quelques centaines de mètres à l'est de la route de Téboursouk au Kef. On y exploite des amas de smithsonite et de blende : les premiers au sein de calcaires cariés, les seconds dans des argiles grises ou vertes, qui bleuissent ou rougissent à l'air.

Les travaux les plus anciens s'ouvrent sur le flanc occidental d'une butte allongée. La direction de la butte est nord-sud. Elle est très voisine d'un puits romain, qui est lui-même tout auprès de la route. Au sommet de la butte, on voit courir, dans les calcaires grisâtres ou jaunâtres, un filon parallèle à la crête, que l'on peut suivre sur plusieurs centaines de mètres, et qui est rempli de célestine cristallisée. Cette célestine a été longtemps prise pour de la barytine. Les cristaux, généralement confus et mal formés, atteignent quelquefois trois ou quatre centimètres de longueur, et sont alors très nets. Ils présentent les faces

$$m(110)(\bar{1}10)(1\bar{1}0)(\bar{1}\bar{1}0);$$

$$p(001)(00\bar{1})$$

et

$$a^2(102)(\bar{1}02)(10\bar{2})(\bar{1}0\bar{2}).$$

C'est une des dispositions habituelles des cristaux de barytine, et, au contraire, un type rare de célestine.

A 2^{km} environ à l'est du filon dont je viens de parler, j'ai découvert un autre gisement, beaucoup plus intéressant, où les cristaux sont, tout à la fois, très beaux et de forme entièrement aberrante. Ce deuxième gisement de célestine est en même temps un gîte de médiocre smithsonite, exploité par la Compagnie Royale Asturienne. Le carbonate de zinc y imprègne des calcaires cariés, au-dessous desquels s'étend une masse puissante d'argile gypsifère, renfermant des amas de blende. La célestine, de formation évidemment secondaire, tapisse les parois des fentes des calcaires, ou la surface des concrétions de smithsonite.

Les cristaux de célestine sont blancs. Les plus gros atteignent 1^{cm} dans leur plus grande dimension. Ils sont très brillants, sauf lorsqu'ils sont recouverts d'une sorte de poussière de très petits cristaux de pyrite. Les fines lamelles sont parfaitement transparentes. Les cristaux les plus gros sont simplement translucides.

L'analyse de ces cristaux, par M. Pisani, a donné les résultats suivants :

Anhydride sulfurique.....	43,40
Strontiane.....	56,20
Chaux.....	0,40
	100,00

La formule $SrSO^4$ correspond à la composition :

Anhydride sulfurique.....	43,60
Strontiane.....	56,40

La célestine du Kebbouch est donc du sulfate de strontium à peu près pur.

Au lieu d'être allongés parallèlement à la brachydiagonale

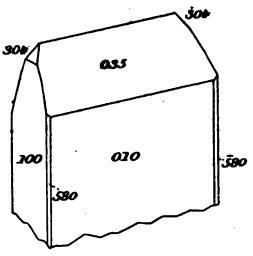
(axes des x), ou d'être aplatis parallèlement au plan des xy, comme il arrive à presque tous les cristaux de célestine, les cristaux en question sont aplatis parallèlement au plan g^1 (010), ou au plan des xz, et allongés parallèlement à l'axe des z. Ils présentent en outre des formes cristallines nouvelles, et d'autres très rares.

Dans toute cette description cristallographique, je suppose les axes a, b, c de la célestine placés comme les ont placés la plupart des auteurs, et, entre autres, Miller, Dana et MM. Groth et Goldschmidt; et j'adopte les valeurs des paramètres acceptées par M. Groth :

$$a:b:c = 0,7789:1:1,28$$

La figure 1 représente un cristal relativement gros de célestine du Kebbouch, montrant les faces g^1(010), $e^{\frac{5}{3}}$(035), $a^{\frac{4}{3}}$(304), $g^{\frac{13}{3}}$(580), et une surface cylindrique parallèle à l'axe des y et ayant pour plan tangent moyen le plan h^1(100). La face p (001) n'apparaît jamais.

Fig. 1.

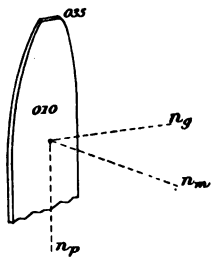


Dans certains cristaux, les faces $g^{\frac{13}{3}}$(580) sont remplacées par des faces g^4(350). Les faces g^1(010), $e^{\frac{5}{3}}$(035) et $a^{\frac{4}{3}}$(304) sont les seules qui donnent, au goniomètre, de bonnes images.

L'aplatissement suivant g^1(010) s'exagère souvent, jusqu'à

donner de minces et longues lamelles parfaitement transparentes (*fig.* 2), limitées par de très petites faces $e^{\frac{5}{3}}$(035) et par les surfaces cylindriques parallèles à l'axe des y. Ces lamelles contiennent les axes optiques. La bissectrice n_p est parallèle à l'allongement de la lame. Les diverses propriétés optiques sont celles de la célestine classique.

Fig. 2.



On trouve tous les passages entre les deux types représentés par les figures 1 et 2. Les lamelles du deuxième type ne montrent généralement pas les faces $a^{\frac{4}{3}}$(304), et la surface cylindrique parallèle à l'axe des y ne s'arrête pas, dans ces lamelles, à un macrodôme précis. Si, posant les lamelles à plat sur un porte-objet, on mesure, sous le microscope, l'angle des plans tangents extrêmes à cette surface cylindrique (je veux dire les plans tangents qui diffèrent le plus de h^1(100), on trouve que cet angle varie de 78° [valeur qui correspond au macrodôme $a^{\frac{4}{3}}$] à 26°, et même, exceptionnellement, à 20°. Dans beaucoup de lamelles, l'angle en question est voisin de 40°, ce qui correspondrait, approximativement, au macrodôme (201). Dans les fines lamelles, de même que dans les cristaux épais, la face p(001) est toujours rigoureusement absente.

Voici les angles observés, et, en regard, les angles calculés, pour les diverses formes. Ce sont les angles des normales aux faces.

	Observé.	Calculé.
$e^{\frac{5}{3}} e^{\frac{5}{3}}$ par-dessus p, ou $(035)(0\bar{3}5)$...	75°. 0′ (moy.)	75°. 2′
$g^{\frac{13}{3}} g^{\frac{13}{3}}$ par-dessus h^1, ou $(580)(5\bar{8}0)$.	101.52	102.32
$a^{\frac{4}{3}} a^{\frac{4}{3}}$ par-dessus p, ou $(304)(\bar{3}04)$...	103.18	101.54
$g^4 g^4$ par-dessus g^1, ou $(350)(\bar{3}50)$...	76.46	75.16

Le macrodôme $(304)a^{\frac{4}{3}}$ a été déjà signalé dans la célestine. Les trois formes $e^{\frac{5}{3}}(035)$, $g^4(350)$ et $g^{\frac{13}{3}}(580)$ n'avaient pas encore été observées.

De ces quatre formes, $a^{\frac{4}{3}}$, $e^{\frac{5}{3}}$, $g^{\frac{13}{3}}$ et g^4, une seule est certaine, c'est le brachydôme $e^{\frac{5}{3}}(035)$, dont les faces, après $g^1(010)$, sont, de toutes les faces de ces curieux cristaux, les plus développées. Le brachyprisme $g^{\frac{13}{3}}$ est très probable. L'indécision de $a^{\frac{4}{3}}$ n'a rien de surprenant, étant donnée l'existence, dans la zone de l'axe des y, de surfaces cylindriques presque continues, allant, tantôt de $h^1(100)$ jusqu'aux environs de $a^{\frac{4}{3}}$, tantôt de $h^1(100)$ jusqu'aux environs de $a^{\frac{1}{2}}(201)$. De même, les cristaux qui montrent le prisme douteux $g^4(350)$ présentent, en réalité, de petites surfaces cylindriques, verticales, comprises entre g^4 et g^5, et embrassant par conséquent $g^{\frac{13}{3}}$.

Aucun cristal de ce deuxième gisement du Djebel Kebbouch ne m'a montré les faces $m(110)$. De même que le pinacoïde $p(001)$, les faces m n'apparaissent que par le clivage. Le clivage p est d'ailleurs beaucoup plus facile que les deux clivages m.

DJEBEL BEZINA.

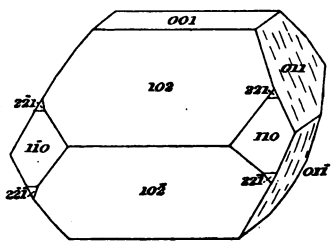
Un bel échantillon de célestine bleuâtre, très nettement cristallisée, m'a été remis par M. Paul Jordan, ingénieur au Corps des Mines, comme provenant du Djebel Bezina, non loin du Djebel Tabouna, à quelque 50^{km} ou 60^{km} au nord de la petite ville de Béja. La gangue de cet échantillon est un grès quartzeux, de couleur blanche. D'après les indications de M. Jordan, le Trias affleurerait à peu de distance de l'endroit où l'on a trouvé la célestine.

Les cristaux de célestine, qui remplissent des géodes et des veinules dans le grès quartzeux, sont presque parfaitement limpides. Leur dimension ne dépasse guère 0^{cm},5. Ils sont remarquables par leur développement isométrique.

Les formes que j'ai pu constater sont les suivantes : p(001), a^2(102), m(110), e^1(011), $b^{\frac{1}{4}}$(221).

p(001) ne manque jamais. C'est un rectangle allongé, le plus souvent très petit, à éclat nacré. Le macrodôme a^2(102)

Fig. 3.



est très développé; ses faces sont bien planes et très miroitantes. Les faces m(110) et $b^{\frac{1}{4}}$(221) sont très nettes, mais fort petites. Enfin, les faces du brachydôme e^1(011) sont courbes,

striées parallèlement au plan des yz, et dépourvues d'éclat (*fig.* 3).

J'ai observé les angles suivants, dans les cristaux les plus parfaits (*angles des normales aux faces*) :

a^2p, ou (102)(001).....	39°.21′ (de 39°20′ à 39°22′)
mm sur h^1, ou (110)(1$\bar{1}$0).....	76.56
$b^{\frac{1}{4}}p$, ou (221)(001).....	76.33

Les valeurs de ces mêmes angles qui correspondent aux paramètres adoptés pour la célestine sont respectivement :

a^2p, ou (102)(001).....	39°.24′.30″
mm, ou (110)(1$\bar{1}$0).....	75.50
$b^{\frac{1}{4}}p$, ou (221)(001).....	76.30

Sur les groupements de cristaux d'espèces différentes;

Par M. F. Wallerant.

INTRODUCTION.

L'étude des groupements de cristaux appartenant à des espèces différentes est du plus haut intérêt : elle complète nos connaissances sur les actions que les molécules exercent les unes sur les autres. Les recherches faites sur les cristaux eux-mêmes et sur les groupements de cristaux de même espèce nous fournissent des renseignements assez complets sur les positions d'équilibre que les molécules d'un corps prennent sous leurs actions réciproques. En étudiant les groupements de cristaux d'espèces différentes, nous avons chance

de pouvoir généraliser ces résultats, surtout si nous n'oublions pas que les cristaux constitués par des molécules d'espèces différentes, c'est-à-dire les mélanges isomorphes, nous fournissent une transition toute naturelle entre le premier sujet d'étude et le second.

Les groupements les plus simples sont bien connus de tous : tout le monde a eu l'occasion de voir des octaèdres formés alternativement de couches violettes d'alun de chrome et de couches blanches d'alun de potasse. C'est là un groupement parallèle nous montrant d'une façon indiscutable que les molécules de l'un des corps agissent sur les molécules de l'autre comme elles agissent les unes sur les autres, que les particules complexes de l'un sont parallèles à celles de l'autre. L'exemple le plus frappant de ce mode d'association a été décrit par V. Hauer : ce savant a obtenu de superbes cristaux formés de couches jaunes, roses, vertes et blanches en faisant cristalliser successivement des sulfates doubles de nickel et de magnésie, de cobalt et de magnésie, du chromosulfate de magnésie et du sulfate de magnésie, toutes substances isomorphes.

Dans un autre ordre d'idées, on sait, depuis les recherches de M. Gernez, qu'une dissolution sursaturée cristallise non seulement si l'on y laisse tomber un cristal de la substance en dissolution, mais encore si le cristal intervenant est simplement isomorphe de la substance dissoute. C'est ainsi qu'on détermine la cristallisation d'une dissolution de $MgSO^4,7H^2O$, en y laissant tomber un cristal de sulfate de zinc, de sulfate de nickel, de cobalt, de fer, tous à $7^{éq}$ d'eau. De même, le sulfate de nickel à $6^{éq}$ d'eau est actif, tandis que le sulfate double de magnésie et de potasse à $6^{éq}$ ne produit aucun effet. Dans tous ces exemples nous voyons les molécules d'un corps agir sur les molécules d'un autre corps comme elles agiraient sur elles-mêmes ; mais cela ne saurait nous

étonner puisqu'il s'agit exclusivement de corps isomorphes et que le fait de pouvoir se mélanger pour cristalliser implique déjà cette propriété. Mais des actions d'orientation peuvent s'exercer entre les molécules de corps qui, non seulement, ne sont pas isomorphes, mais qui, encore, n'ont rien de commun au point de vue de leur composition chimique, de leur forme cristalline : ainsi, par exemple, le sel double $3ZnCu4SO^4,H^2O$ en dissolution sursaturée cristallise sous l'influence du sulfate de zinc à $7^{éq}$ d'eau et du sulfate de cuivre à $5^{éq}$ d'eau. Bien plus, des corps de nature essentiellement différente peuvent exercer une action d'orientation l'un sur l'autre : telle la calcite sur le quartz, la calcite sur l'amphibole, le mica sur l'iodure de potassium et l'azotate de soude. Si, en effet, d'après les indications de Frankenheim, on place une goutte d'une dissolution d'iodure de potassium sur une lamelle de clivage de mica, fraîchement clivée, on voit le sel cristalliser sous forme de trémies cubiques, constituées par trois branches à 120° et orientées de façon que l'axe ternaire passant par le sommet de la trémie soit perpendiculaire à la lame de mica, et que l'un des plans de symétrie parallèle à cet axe soit parallèle au plan de symétrie du mica : ces trémies peuvent d'ailleurs occuper deux positions à 180° l'une de l'autre. Nous voyons donc que, dans ce cas encore, les molécules du mica agissent sur celles de l'iodure absolument comme sur elles-mêmes : les cristaux de l'iodure prennent sur la lamelle de mica la même orientation que prendraient d'autres lamelles de mica, c'est-à-dire l'orientation parallèle et l'orientation à 180° de deux cristaux maclés autour d'un axe ternaire.

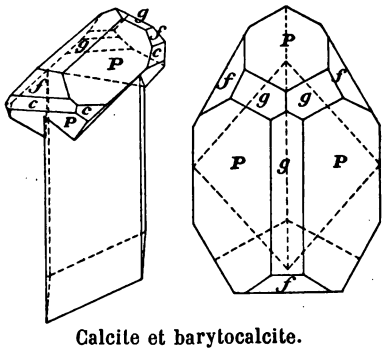
De même Wakkernagel a constaté que les cristaux d'azotate de plomb s'orientaient sur les cristaux d'alun et ceux-ci sur la boracite. On voit donc par ces exemples que ces actions d'orientation peuvent s'exercer entre les corps les plus diffé-

rents : on peut donc s'étonner à bon droit que l'orientation exercée par la calcite sur l'azotate de soude ait suscité tant de discussions : certains auteurs croyant pouvoir en conclure à l'isomorphisme des deux substances.

On voit par ces faits quel intérêt peut présenter cette étude des groupements de cristaux d'espèces différentes, d'autant plus que dans certains cas elle peut en outre nous fournir des renseignements sur la structure d'un cristal mal connu, quand il s'associe avec un cristal sur lequel nous possédons des données suffisantes.

Tel est le cas, par exemple, de la barytocalcite, cristal monoclinique, dont la forme primitive est un prisme ayant des angles égaux à 106° 54′, 102° 54′ et 102° 54′ et pour paramètres 0,77171 : 1 : 0,62545 avec $\beta = 73° 52'$. Ce prisme monoclinique est-il bien la forme primitive du cristal et quelle

Fig. 1.



Calcite et barytocalcite.

est sa signification cristallographique. Comme on ne connaît aucun groupement de cristaux de barytocalcite entre eux, il ne serait pas possible de répondre à cette question si Haidinger n'avait pas décrit un groupement de ce minéral avec la calcite. Un cristal de barytocalcite présentant les faces *m* et *p* (*fig.* 1) porte à son extrémité un cristal de calcite limité par les

faces b^1 et e^1 et orienté de telle sorte qu'une arête du rhomboèdre p soit parallèle à l'arête du dièdre de 106°54′ et que les plans de symétrie des cristaux passant par cette arête coïncident. Les faces m de la barytocalcite sont donc sensiblement parallèles à celles du rhomboèdre et nous sommes ainsi amenés à considérer le prisme résultant de la superposition des formes simples m et p comme étant bien la forme primitive qui se rapproche beaucoup du rhomboèdre de 107°6′. Dans ce mode de comparaison, les axes de la barytocalcite deviennent assimilables à une arête, à un axe binaire et à une diagonale d'une face du rhomboèdre de 107°6′. Et, en effet, dans ce rhomboèdre, comme il est facile de le calculer, les paramètres de ces rangées sont égaux à

$$0,79350 : 1 : 0,63829,$$

très voisins de ceux de la barytocalcite. Grâce au groupement étudié par Haidinger, nous pouvons donc comparer la barytocalcite aux autres cristaux.

Il n'y a pas, à proprement parler, d'historique à faire, car les auteurs se sont généralement bornés à décrire le mode d'association des cristaux sans en tirer aucune loi. Il n'y a d'exception à faire que pour Sadebek, qui, dans les *Pogg. Ann, Erg.*, VIII, 1878, étudia systématiquement ces associations et arriva à cette conclusion que les cristaux s'orientent de façon que leurs axes coïncident. Comme nous le verrons, cette loi approche beaucoup de la vérité; il suffira de la préciser, car souvent le mot d'*axe* est pris dans le sens d'*arête*, de façon à pouvoir la généraliser et la rendre applicable à tous les cas.

ACTION D'UNE PARTICULE COMPLEXE SUR UN POINT.

Avant de faire une étude spéciale des différentes associations observées jusqu'ici, il est nécessaire, pour com-

prendre les lois auxquelles elles sont assujetties, de calculer l'action exercée par une particule complexe sur un point extérieur. Les composantes de cette action suivant trois axes sont évidemment fonctions des coordonnées du point considéré. Celles-ci étant très petites, on peut développer ces fonctions suivant les puissances croissantes de ces coordonnées et s'arrêter à un terme variable suivant l'approximation que l'on veut obtenir. En général, on s'en tient aux termes du premier degré, et l'on en déduit tout naturellement la théorie de l'ellipsoïde. Cette méthode a le grand inconvénient de ne pas permettre de faire intervenir la symétrie de l'élément agissant. Si, au contraire, on pousse le développement plus loin, il est facile de voir à quelles conditions doivent satisfaire les coefficients quand l'élément agissant possède une symétrie déterminée.

Considérons tout d'abord une particule complexe cubique, et prenons pour axes de coordonnées les trois axes quaternaires. La particule possédant un centre pour deux points diamétralement placés, les composantes X, Y, Z de la force doivent prendre des valeurs égales et de signes contraires : les fonctions X, Y, Z doivent donc être des fonctions impaires en x, y, z, coordonnées du point sur lequel agit la particule. D'autre part, le plan des xy étant un plan de symétrie, pour deux points symétriques, ayant pour coordonnées x, y, z et $x, y, -z$, la composante Z doit changer de signe tandis que X, Y ne doivent pas changer. Par conséquent, les fonctions X, Y, Z doivent être respectivement divisibles par x, y et z et en outre ne doivent renfermer que des puissances paires de x, y et z, elles sont donc de la forme

$$X = x\,F\,(x^2, y^2, z^2),$$
$$Y = y\,F_1(x^2, y^2, z^2),$$
$$Z = z\,F_2(x^2, y^2, z^2).$$

Exprimons maintenant que la particule possède quatre axes ternaires; pour cela, il suffit d'exprimer que, quand x, y, z subissent une permutation tournante, il en est de même de X, Y, Z; on obtient ainsi les deux conditions

$$(1) \qquad F(x^2, y^2, z^2) = F_1(y^2, z^2, x^2) = F_2(z^2, x^2, y^2).$$

Enfin, en exprimant que les axes de coordonnées sont des axes quaternaires, on obtient les trois conditions suivantes qui, d'ailleurs, se réduisent à une seule en vertu des deux précédentes :

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{l} F\ (x^2, y^2, z^2) = F_1(y^2, x^2, z^2), \\ F_1(x^2, y^2, z^2) = F_2(x^2, z^2, y^2), \\ F\ (x^2, y^2, z^2) = F_2(z^2, y^2, x^2). \end{array} \right.$$

Les formules que nous venons d'établir montrent que, en général, l'action exercée sur un point n'est pas parallèle au rayon vecteur, joignant ce point au centre de la particule complexe; le parallélisme n'est réalisé que dans certains cas; il faut, en effet, que l'on ait

$$F(x^2, y^2, z^2) = F_1(x^2, y^2, z^2) = F_2(x^2, y^2, z^2),$$

en supposant que x, y, z soient différents de zéro.

Or, d'après les premières équations de condition, ces égalités sont satisfaites pour $x^2 = y^2 = z^2$, c'est-à-dire pour tous les points des axes ternaires.

D'autre part, pour $x = y = 0$, on a $X = Y = 0$; par conséquent le parallélisme est encore réalisé pour tous les points des axes quaternaires.

Enfin, pour $z = 0$ et $x = y$, on a $Z = 0$ et $X = Y$ en vertu des secondes équations de condition; donc, pour tous les points d'un axe binaire la force est centrale. Tous les axes de symétrie jouissent donc d'une propriété commune et il en est de même des plans de symétrie, car pour $z = 0$ on a $Z = 0$

et pour $x = y$ on a $X = Y$, c'est-à-dire que pour tout point situé dans un plan de symétrie la force est située dans le même plan.

Pour généraliser ces résultats il faut remarquer que les éléments de symétrie d'une particule cubique sont les arêtes, les diagonales, les diagonales des faces, les faces et les plans diagonaux d'un cube et, en particulier, si la particule fait partie d'un corps cristallisé du cube construit sur les paramètres des trois axes quaternaires.

Or, tout corps cristallisé peut être considéré comme dérivant d'un corps cubique par une déformation homogène, c'est-à-dire une déformation transformant un plan en un plan et un système de plans parallèles en un autre système de plans également parallèles. Or, comme il est facile de le voir dans une telle déformation, les plans de symétrie de la particule cubique deviennent des plans diamétraux, et les axes d'ordre pair des diamètres. Une particule possédant des plans diamétraux exerce sur deux points diamétralement opposés des actions diamétralement situées et si, par conséquent, le point sur lequel s'exerce l'action est dans un plan diamétral, il en sera de même de la force. Il en résulte forcément que, pour tout point situé sur la droite d'intersection de deux plans diamétraux, l'action sera dirigée suivant cette même droite.

Nous arrivons donc à cette conclusion que, dans tous les corps cristallisés, il existe un parallélépipède, coïncidant d'ailleurs avec la forme primitive, et jouissant des propriétés énoncées plus haut. Il est donc tout naturel, par suite même de l'existence de ces propriétés que les particules complexes se disposent suivant les côtés de ce parallélépipède, c'est-à-dire suivant les mailles d'un réseau, puisque, dans cette position, chaque particule subit de la part des particules voisines des actions centrales.

Les résultats auxquels nous venons d'être amenés sont la conséquence immédiate, d'une part, de la présence des éléments de symétrie, et de l'autre, de la possibilité de considérer un cristal quelconque comme un cristal cubique déformé. Mais les conditions auxquelles les fonctions F ont été astreintes ne suffisent pas pour les déterminer complètement, elles renferment encore des paramètres arbitraires et il se peut que ces paramètres possèdent dans la réalité des valeurs telles que, pour les points de certaines rangées autres que celles que nous avons indiqués, l'action de la particule complexe soit centrale. C'est ainsi que, d'après les résultats de l'observation, tout porte à croire que l'action est centrale pour tous les points des rangées qui, par rapport aux arêtes de la forme primitive, ont pour caractéristiques les nombres 2, 1 et 1 pris dans un ordre quelconque et avec le signe + ou le signe —. Autrement dit, les coefficients des fonctions F satisfont aux relations

$$F(\rho^2, \rho^2, 4\rho^2) = F_1(\rho^2, \rho^2, 4\rho^2) = F_2(\rho^2, \rho^2, 4\rho^2),$$

quel que soit ρ^2.

Il est d'ailleurs facile de former trois fonctions susceptibles de représenter les trois composantes de l'action de la particule complexe telle que cette action soit centrale pour tous les points des arêtes, des diagonales, etc., de la forme primitive, et qu'en outre elle soit également centrale pour tous les nœuds du réseau, construit sur cette forme primitive. Posons, en effet,

$$u = x^2 + y^2 + z^2, \qquad v = x^2 y^2 + x^2 z^2 + y^2 z^2, \qquad w = x^2 y^2 z^2.$$

Dans le cas de la particule cubique, il suffira de poser

$$\begin{aligned} X &= xf(u, v, w) + x \sin \pi x^2 F\,(x^2, y^2, z^2), \\ Y &= yf(u, v, w) + y \sin \pi y^2 F_1(x^2, y^2, z^2), \\ Z &= zf(u, v, w) + z \sin \pi z^2 F_2(x^2, y^2, z^2), \end{aligned}$$

les fonctions F_1, F_2 et F satisfaisant aux conditions (1) et (2).

Pour tous les nœuds du réseau, x, y et z étant des nombres entiers, les sinus sont nuls et par suite il en est de même des seconds membres de ces égalités : on a donc $X : z = Y : y = Z : z$.

Mais, bien entendu, ces formules n'ont qu'un intérêt purement théorique, car il paraît établi aujourd'hui que l'action d'une particule complexe ne se fait sentir que sur les particules immédiatement voisines.

Remarque. — Je voudrais faire remarquer, en passant, que les propriétés de la forme primitive, qui viennent d'être mises en évidence, pourraient servir de base à une explication des groupements de cristaux de même espèce. A première vue on peut être étonné de me voir proposer une seconde explication des groupements cristallins ; rien de plus naturel cependant, car au fond les deux explications ne diffèrent pas. Il ne faut pas, en effet, confondre une théorie véritable avec une explication qui, elle, peut se présenter sous deux formes différentes. En réalité, nous ne sommes pas plus à même de formuler une théorie des groupements cristallins qu'une théorie de la cristallisation. Voyons quelle marche on suit pour établir les principales propriétés de la structure des corps cristallisés : constatant que tous les points d'un cristal sont identiques et que les directions différentes jouissent de propriétés différentes, on en conclut que les particules complexes doivent se répartir suivant les nœuds d'un réseau ; mais pourquoi les cristaux possèdent-ils une symétrie ? c'est que la particule possédant un axe de symétrie par exemple, si les particules se répartissent de façon que cet axe soit une rangée et que les autres rangées soient disposées symétriquement par rapport à cet axe, la résultante des actions des particules sur l'une d'elles sera

dirigée suivant l'axe, et par suite on *comprend* que pour une distance convenable des particules suivant cet axe l'équilibre soit réalisé; autrement dit, dans cette façon d'exposer les choses, on nous fait *comprendre* mais on ne nous démontre pas que la répartition symétrique des particules autour d'un axe de symétrie de la particule correspond à un maximum de stabilité. Pour arriver au même résultat, on peut suivre une autre voie : partant des propriétés mécaniques que nous venons d'établir, on peut faire remarquer que les particules doivent se disposer de telle sorte que les actions qu'elles subissent de la part des particules voisines soient centrales; elles se disposeront donc suivant les arêtes et les diagonales de la forme primitive définie par la particule, c'est-à-dire suivant un réseau. Mais en outre si cette particule possède un axe de symétrie, cet axe sera un élément de la forme primitive et par suite un élément de symétrie du réseau et du cristal.

Or, pour expliquer les groupements cristallins, on peut suivre les deux voies précédentes; on peut d'abord partir de la considération des éléments limites, car il est bien évident que, si l'orientation parallèle des particules correspond à un maximum de stabilité, il en est de même de l'orientation symétrique par rapport à un élément limite. Cette explication a l'avantage de présenter un caractère concret qut permet de bien saisir la cause du maximum de stabilité dans l'orientation symétrique. Mais, comme je le fais remarquer plus haut, on peut également partir de la considération de la forme primitive et dire que le maximum absolu de stabilité correspond au cas où chaque particule subit, de la part du plus grand nombre possible d'autres particules, des actions centrales, c'est-à-dire au parallélisme. Mais d'autres maxima relatifs de stabilité peuvent encore se produire quand une particule n'éprouve d'action centrale que de la part de certaines particules voisines; il se produit ainsi des groupements cristallins.

LOI D'ASSOCIATION.

Il est maintenant facile d'énoncer la loi que l'on retrouve, comme on le verra, dans toutes les associations de minéraux d'espèces différentes. Mais auparavant il est nécessaire, pour faciliter l'élocution, de donner quelques définitions : ayant à comparer les formes primitives de deux minéraux, nous dirons que les arêtes de ces formes primitives sont des éléments de même espèce, de même pour les diagonales, pour les diagonales des faces ; en outre je nommerai *axes trapézoédriques* les rangées ayant pour coordonnées numériques les nombres 2, 1 et 1 pris dans un ordre quelconque avec le signe + ou le signe — ; c'est-à-dire les rangées qui, dans le système cubique, sont normales sur les faces du trapézoèdre (211).

Ceci posé, les cristaux s'orientent de façon que deux éléments au moins de la forme primitive de l'un coïncident avec deux éléments de la forme primitive de l'autre. D'après ce que nous avons vu plus haut, cela revient à dire que les cristaux s'orientent de façon que suivant deux directions au moins les forces exercées par les particules de l'un sur les particules de l'autre soient des forces centrales.

Bien entendu la coïncidence de ces deux éléments peut entraîner la coïncidence d'autres éléments; c'est ainsi que la coïncidence de deux droites entraîne celle du plan qui les contient, c'est-à-dire d'un plan qui par rapport aux arêtes de la forme primitive a pour caractéristiques l'un des groupes suivants : (100), (110), (111), (211), ce plan pouvant naturellement n'avoir pas les mêmes caractéristiques dans les deux cristaux.

Mais il ne faut pas croire que la position des deux cristaux d'espèce différente soit toujours rigoureusement déterminée.

comme cela a lieu pour les cristaux de même espèce. Les deux éléments de la forme primitive qui doivent coïncider ne font pas toujours rigoureusement le même angle dans les deux cristaux, la coïncidence complète n'est donc pas possible et il y a un léger flottement : tantôt deux éléments coïncident exactement, les deux autres ne coïncidant qu'approximativement ; tantôt ce sont ces derniers qui sont en coïncidence et entre ces deux positions extrêmes les deux cristaux peuvent occuper toutes les positions relatives.

Dans le cas assez fréquent où les formes primitives sont sensiblement égales et où les deux éléments coïncidants sont de même espèce, les deux réseaux sont sensiblement parallèles et le groupement est dit *parallèle*. Mais si nous remarquons que la coïncidence de deux droites, faisant un angle donné avec deux autres droites faisant le même angle, peut se faire de deux façons, avec deux orientations à 180° l'une de l'autre autour de la normale au plan, contenant les droites, nous voyons qu'outre l'orientation parallèle il peut se produire une association dans laquelle les deux réseaux sont à peu près symétriques par rapport au plan des deux droites communes.

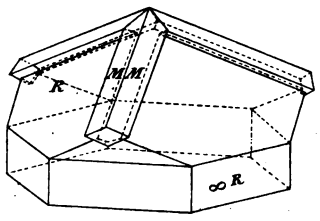
Cette remarque nous amène à considérer un cas particulièrement intéressant, d'autant plus intéressant que sa méconnaissance a déterminé des erreurs. Supposons que la normale au plan, contenant les deux éléments qui interviennent dans l'association, soit un axe d'ordre n de l'un des cristaux. Le second cristal pourra prendre sur ce dernier n orientations différentes ; il pourra donc se former n cristaux de la même espèce, faisant entre eux un angle de $2\pi : n$ autour de la normale au plan, normale qui n'est pas forcément un axe de symétrie de ces cristaux. Or, si ces cristaux s'accroissent suffisamment pour se rencontrer et pour se souder, il en résultera un groupement de n cristaux autour d'une droite qui ne

jouit dans ces cristaux d'aucune des propriétés qui en font un axe de groupement.

Le même fait peut se produire si l'une des droites communes perpendiculaire sur l'autre est un axe d'ordre *n* dans l'un des cristaux.

Pour bien faire comprendre comment les choses se passent, citons quelques exemples : l'amphibole s'associe à la calcite de façon que son axe, dénommé habituellement vertical, soit parallèle à l'arête du rhomboèdre (**10$\bar{1}$1**) de la calcite, et que son axe binaire coïncide avec l'un des axes binaires de ce minéral (*fig.* 2). S'il se produit un cristal d'amphibole sur

Fig. 2.



Calcite et amphibole.

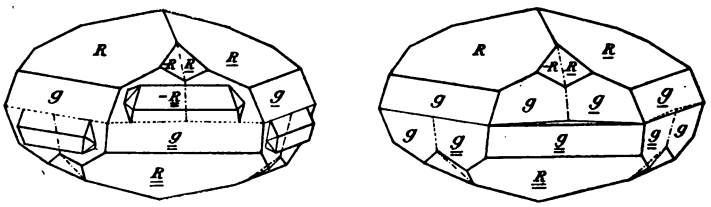
chacune des arêtes du rhomboèdre, et si les trois cristaux se développent suffisamment pour se rencontrer, après dissolution de la calcite il subsistera un groupement de trois cristaux d'amphibole autour d'une droite ne jouissant d'aucune des propriétés susceptibles d'en faire un axe de groupement ternaire.

De même le quartz peut se grouper avec la calcite de façon que l'une de ses faces (**10$\bar{1}$1**) coïncide avec l'une des faces (**01$\bar{1}$2**) de la calcite et que l'un de ses axes binaires soit parallèle à l'un des axes binaires de ce minéral. Si sur chacune des faces de la calcite il se produit un tel cristal de quartz, on aura un groupement ternaire de six cristaux de quartz autour d'une droite ne présentant dans ce minéral

aucun des caractères d'un axe ternaire de groupement (*fig.* 3).

Enfin, comme l'a constaté M. Lacroix, la galène s'associe avec la pyrrothine de telle sorte que l'un de ses axes quaternaires coïncide avec l'axe ternaire de ce minéral. Il y a donc trois orientations possibles pour ces cristaux de galène et s'ils se rencontrent il en résultera un groupement de trois cristaux de galène autour d'un de leurs axes quaternaires.

Fig. 3.



Calcite et quartz.

Il est bien évident que l'on présente les choses d'une façon inexacte, si l'on assimile ces groupements, d'origine particulière, aux groupements ordinaires des cristaux de même espèce. Dans ces derniers, en effet, les cristaux s'orientent sous leur influence réciproque, tandis que dans les groupements qui nous occupent actuellement ils s'orientent indépendamment l'un de l'autre, ils s'orientent sous l'influence d'un cristal étranger qui en les orientant par rapport à lui les oriente entre eux. Je proposerai de désigner ces groupements particuliers sous le nom de *pseudo-groupements*.

Il est probable que certains groupements de cristaux de même espèce, qui sont anormaux, doivent rentrer dans cette catégorie des pseudo-groupements: tel par exemple la macle de la Gardette, formée de deux cristaux de quartz dont les axes font entre eux un angle de 84°34′. Les deux cristaux sont généralement aplatis dans un plan de symétrie commun, ils présentent l'aspect de cristaux qui se seraient formés

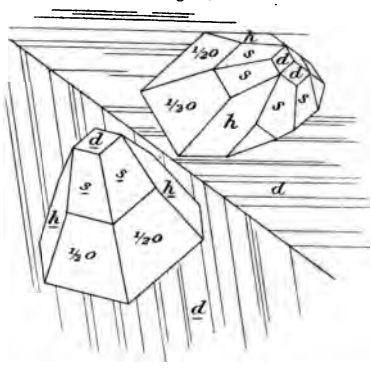
dans un plan de clivage d'un troisième minéral qui depuis a disparu.

Dans la description suivante on a réparti les différents groupements d'après la nature des éléments en coïncidence. Dans un premier paragraphe on a réuni les groupements dans lesquels les éléments en coïncidence sont de même nature dans les deux formes primitives, de sorte que les deux réseaux sont parallèles ou symétriques, autant qu'il est possible, bien entendu ; dans un autre paragraphe on a réuni ceux où l'arête de la forme primitive de l'un des cristaux est parallèle à une diagonale de la forme primitive de l'autre, etc.

GROUPEMENTS PARALLÈLES OU SYMÉTRIQUES.

Blende et tétraédrite. — M. Becke a décrit une association de ces deux minéraux dans laquelle le premier présente les

Fig. 4.



Blende et tétraédrite.

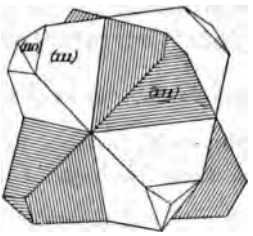
faces (001), (110), (111), les seconds les mêmes faces avec (321). Ceux-ci, de très petites dimensions, sont englobés dans les premiers de telle sorte que leurs faces octaédriques soient parallèles aux faces octaédriques de la blende. Le

premier octaèdre de la blende porte tantôt le premier, tantôt le second octaèdre de la tétraédrite. Quand les cristaux de blende sont maclés, les deux parties portent des cristaux de tétraédrite orientés symétriquement, comme l'indique la figure ci-contre, montrant deux cristaux maclés de blende portant deux cristaux de tétraédrite (*fig.* 4).

TSCHERMACK, *Mittheilungen*, t. V, p. 331.

Chalcopyrite et tétraédrite. — Sadebeck a décrit une

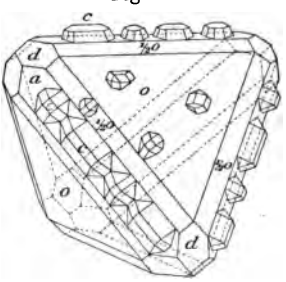
Fig. 5.



Chalcopyrite et tétraédrite.

association de ces deux minéraux, identique à celle que je viens d'indiquer. Deux tétraèdres se pénètrent de façon à être

Fig. 6.

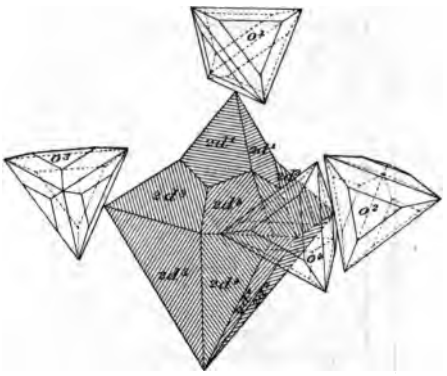


Tétraédrite et chalcopyrite.

orientés à 90° autour d'axes quaternaires limites communs (*fig.* 5).

Dans d'autres cas, les cristaux ont leurs faces à peu près parallèles et l'association se présente avec l'aspect de la figure 6, où la tétraédrite supporte les cristaux de chalcopyrite, tantôt sous l'aspect de la figure 7, où l'inverse a lieu :

Fig. 7.



Chalcopyrite et tétraédrite.

Blende et chalcopyrite. — Toujours d'après Sadebeck ces deux minéraux s'associent comme les précédents.

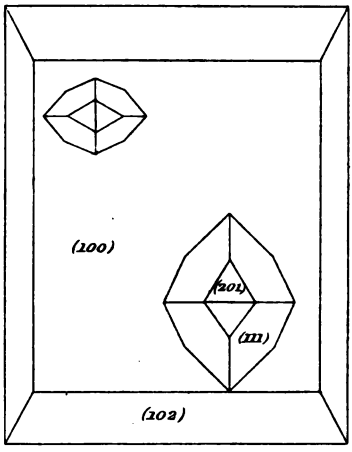
Cobaltine et chalcopyrite. — Des cubes de cobaltine portent de petits cristaux de chalcopyrite présentant les faces (**111**), (**11$\bar{1}$**), (**201**). Les axes quaternaires des derniers sont autant que possible parallèles aux axes quaternaires de la cobaltine. Mais la chalcopyrite étant mériédrique, le parallélisme peut se réaliser de deux façons, et les cristaux de chalcopyrite occupent deux positions à 90° l'une de l'autre (*fig.* 8).

MUGGE, *Min. u. Petrogr. Mitth.*, vol. XX, p. 349.

Chalcopyrite et polybasite. — Le premier de ces minéraux, quoique quadratique, est, comme on le sait, sensiblement cubique; il en est de même du second, qui n'est orthorhom-

bique que d'apparence. En effet, ses paramètres sont égaux à : 0,5793 : 1 : 0,91305 ; or, en multipliant le premier par 3 et le troisième par 4 : 3 on obtient 1,7379 : 1 : 1,226 au lieu de

Fig. 8.



Cobaltine et chalcopyrite.

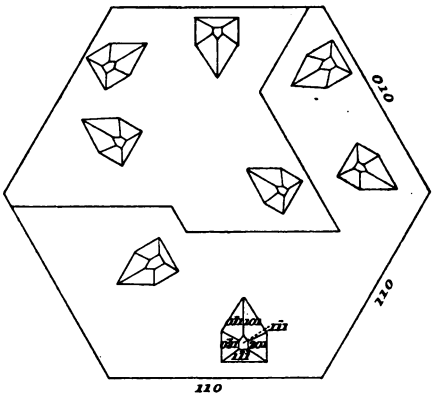
1.732 : 1 : 1,224. Ces deux minéraux sont donc susceptibles de s'associer parallèlement, et en effet M. Mugge a constaté l'association suivante : des lamelles quasi-hexagonales de polybasite portent sur leur base de petits cristaux de chalcopyrite présentant les faces (111), (201), (011) et maclés suivant la face (101). L'axe quasi-ternaire de la chalcopyrite est parallèle à l'axe quasi-ternaire de la polybasite ; en outre les axes quasi-binaires perpendiculaires sur l'axe ternaire coïncident. Il en résulte que les cristaux de chalcopyrite ont six orientations différentes à 120° et à 60° l'une de l'autre (*fig.* 9).

N. Jahrb. f. Min., Geo. u. s. w., t. II, 1897, p. 70.

Argyrose et pyrargyrite. — Cette association particulière-

ment intéressante se compose d'un cristal du second minéral qui présente les faces du prisme ($10\bar{1}0$) et du rhomboèdre ($30\bar{3}4$) dont l'angle est de 121° 30′. L'argyrose, délimitée par les faces du rhombododécaèdre, s'est déposée sur ce

Fig. 9.



Polybasite et chalcopyrite.

cristal de façon que six de ses faces soient parallèles à celles du prisme ($10\bar{1}0$) et que les six autres soient autant que possible parallèles à celles du rhomboèdre ($30\bar{3}4$) ; il ne faut pas oublier, en effet, que ces six dernières faces forment un rhomboèdre dont l'angle est de 120°.

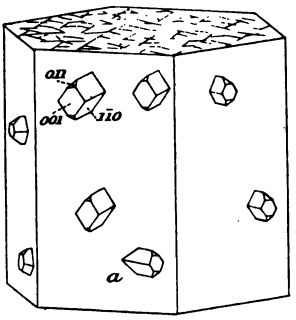
Berg- und Huttenmannische Zeitung, t. XX, p. 153.

Marcassite et pyrrothite. — On sait que la marcassite ne présente qu'une symétrie orthorhombique apparente, l'axe médian est en réalité un axe ternaire approché, le seul axe qui soit réellement binaire est l'axe vertical. Aussi voit-on la marcassite s'associer avec la pyrrothite de façon que son axe médian coïncide avec l'axe ternaire de cette dernière, et son axe vertical avec un des axes binaires de la pyrrothite.

C'est, en effet, ce que M. Mugge a eu l'occasion d'observer :

des lamelles hexagonales de pyrrothite, haute de 5cm et larges de 4cm, portent de petits cristaux de marcassite limités par les faces (001), (011), (110) et tous parallèles entre eux. Ils sont orientés de façon que la face (001) soit parallèle à la face (10$\bar{1}$0) du second minéral, c'est-à-dire à un de ses plans de symétrie. En outre la micro-diagonale de la face (001) est parallèle à l'axe ternaire de la pyrrothite. En général, la face (001) est parallèle à la face (10$\bar{1}$0) sur laquelle repose le

Fig. 10.



Marcassite et pyrrothite.

cristal, mais il peut se faire qu'elle soit parallèle à une autre face (*fig.* 10).

N. Jahrb. f. Min., Geo. u. s. w., 1897, p. 28.

Mica et magnétite, mica et oligiste. — D'après M. Lacroix, la magnétite et l'oligiste s'associent avec la biotite de telle façon que les faces (111) de la magnétite et (0001) de l'oligiste s'accolent sur la face (001) de la biotite ; les côtés de la face octaédrique de l'oligiste ou des lames de magnétique étant parallèles à celles du mica.

Minéralogie de la France, t. I, p. 326.

Chlorite et biotite. — Dans sa remarquable étude sur les

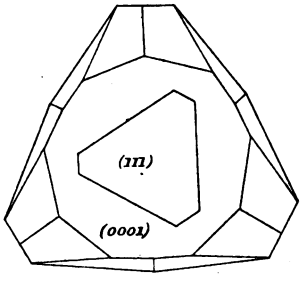
chlorites, Tschermack signale une association de ces deux minéraux dans laquelle leurs bases sont parallèles ainsi que les lignes de choc, les plans des axes optiques. En outre les deux minéraux présentent la macle autour de leur axe ternaire limite.

Sitzungsber. Wien. Akad., t. XCIX.

Magnétite et chlorite. — Les octaèdres de magnétite ont leurs faces recouvertes de lamelles hexagonales de chlorite de telle sorte que la base de celles-ci soient parallèles aux faces octaédriques et que leurs côtés soient parallèles ou perpendiculaires aux arêtes de l'octaèdre.

Oligiste et magnétite. — Un des modes d'association de ces deux minéraux a été étudié par M. Bucking. Un octaèdre de magnétite repose sur un cristal d'oligiste de façon qu'une face (**111**) du premier soit parallèle à la face (**0001**) du second, et les plans de symétrie passant par l'axe ternaire commun

Fig. 11.



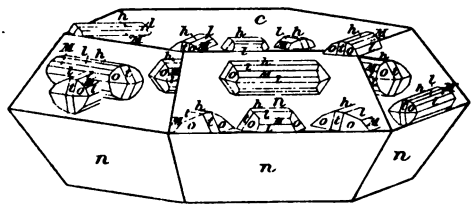
Oligiste et magnétite.

coïncident, il en est par suite de même des axes binaires perpendiculaires sur cet axe ternaire, ainsi que des axes trapézoédriques (*fig.* 11).

Zeitsch. f. Kryst. u. Min., t. I, p. 575.

Rutile et oligiste. — Cette association, signalée par Breithaupt, a été étudiée par V. Rath (*fig.* 12). Les cristaux de rutile, présentant en particulier les faces (100) et celles de l'octaèdre (101), sont implantés sur des tables hexagonales de

Fig. 12.



Rutile et oligiste.

fer oligiste de façon qu'une de leurs faces (100) soit appliquée sur la face (0001) du second minéral, et que leurs axes soient perpendiculaires aux arêtes (0001)(10$\bar{1}$1) de ce dernier. Dans certains cas, à ces cristaux s'en ajoutent d'autres orientés à 60°, et dont les axes sont perpendiculaires sur les arêtes (0001)(01$\bar{1}$1) du fer oligiste. Considérons l'un des premiers, ses faces (010) parallèles à l'axe ternaire du fer oligiste coïncident avec un plan de symétrie de celui-ci; une face (101) de l'octaèdre, faisant avec (100) et par suite avec (0001) un angle de 122° 47′, coïncide sensiblement avec la face (10$\bar{1}$1) du fer oligiste, qui fait avec (0001) un angle de 122° 23′, tandis que la face (101) coïncide à peu près avec la face (01$\bar{1}$1). De même une face de l'octaèdre (221) du rutile se trouve à peu près dans le prolongement de l'une des faces de l'isocéloèdre (22$\bar{4}$3), car ces faces font respectivement avec (0001) des angles égaux à 118° 47′ et 118° 28′.

La concordance est un peu moins nette pour d'autres faces; c'est ainsi que les faces de l'octaèdre (011) et (0$\bar{1}$1), qui passent par l'axe ternaire, font avec l'axe (010), appartenant à la même zone, des angles de 57° 13′, tandis que, dans le fer

oligiste, les deux plans de symétrie qui leur correspondent font avec la même face des angles de 60°. Il n'en résulte pas moins que le rutile est en réalité un cristal quasi-ternaire, et qu'il est en association parallèle avec le fer oligiste.

Zeitsch. f. Kryst. u. Min., t. I, p. 13.

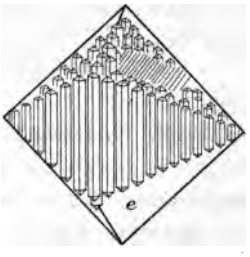
Rutile et mica. — Le rutile forme avec le mica des associations analogues aux précédentes. L'axe quaternaire apparent est perpendiculaire ou parallèle aux faces (**110**) et (**010**) du mica et l'un des axes binaires apparents est parallèle à l'axe ternaire du mica.

Rutile et magnétite. — Ces deux minéraux s'associent toujours d'après la même loi, c'est-à-dire qu'une face (**100**) du rutile repose sur une face (**111**) de la magnétite et que sa direction d'allongement est parallèle à un axe binaire de la magnétite.

Zeitsch. f. Kryst. u. Min., t. I, p. 575.

Rutile et broockite. — J'ai montré que la symétrie ortho-

Fig. 13.



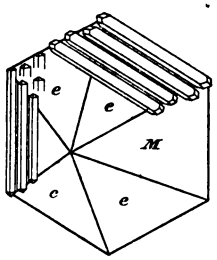
Rutile et broockite.

rhombique de la broockite n'était qu'apparente et qu'en réalité la macrodiagonale était un axe ternaire approché, la brachydiagonale étant seule un axe binaire. D'autre part,

dans le rutile, un des soi-disant axes binaires est également un axe ternaire approché, l'autre étant également un axe binaire. Ces résultats vont nous permettre de comprendre les associations de ces deux minéraux décrites par V. Rath. Dans l'une d'elles un des axes binaires du rutile coïncide avec la macrodiagonale de la broockite et l'axe soi-disant quaternaire avec l'axe vertical; les deux minéraux sont donc orientés parallèlement et les deux réseaux coïncident autant que possible (*fig.* 13).

Dans la seconde association les deux axes ternaires coïncident encore, mais les cristaux de rutile ont tourné de 60°

Fig. 14.



Rutile et broockite.

environ par rapport à leur première orientation autour de cet axe ternaire limite. Cette association est donc un groupement symétrique (*fig.* 14).

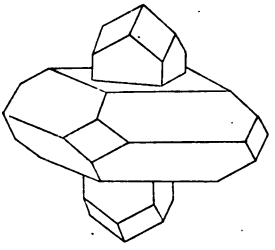
N. Jahrb. f. Min., Geo. u. s. w., 1876, p. 386.

Zircon et xénotime. — Ces deux minéraux s'associent de façon que leurs axes cristallographiques soient parallèles. Tantôt le zircon recouvre la xénotime, tantôt c'est l'inverse qui a lieu. On sait d'ailleurs que les paramètres de ces deux minéraux diffèrent très peu (*fig.* 15).

Staurotide et disthène. — On rencontre assez fréquemment

des cristaux de disthène recouverts d'une enveloppe de staurotide, les deux cristaux ayant une orientation déterminée l'un par rapport à l'autre : l'axe des x de la staurotide coïncide avec l'axe des y du disthène ; les deux axes des z coïncidant. Or, dans les deux minéraux, l'axe des z est un axe quaternaire limite, l'axe des x de la staurotide et l'axe des y du disthène sont des axes binaires limites. Par conséquent, les deux réseaux s'orientent de façon à coïncider autant que possible.

Fig. 15.



Zircon et xénotime.

Andalousite et sillimanite. — Ces deux silicates d'alumine, tous les deux orthorhombiques, s'associent, comme l'a montré M. Lacroix, de façon que leurs axes soient parallèles.

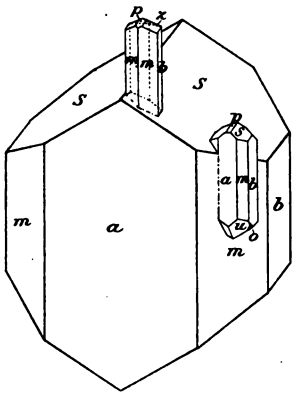
B. S. M., t. XI, p. 150.

Amphibole et pyroxène. — L'association parallèle de ces deux minéraux est connue depuis longtemps. Ils se disposent de façon que les axes cristallographiques soient parallèles, les faces p coïncidant sensiblement (*fig.* 16). Cette association a l'avantage de nous montrer que les plans de clivage n'ont qu'une importance relative pour la détermination de la forme primitive puisque, dans deux minéraux si voisins, les clivages font des angles si différents.

N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., 1876, p. 386.

Pyroxène et mica. — L'association de ces minéraux a été étudiée par V. Rath. Les lamelles de mica sont englobées au milieu des cristaux de pyroxène, de telle façon que la face *p*

Fig. 16.



Pyroxène et amphibole.

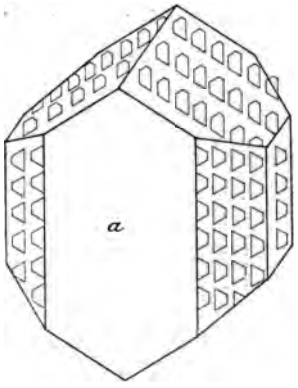
du mica soit parallèle à la face h^1 du pyroxène, et que les deux faces *m* du premier minéral soient parallèles aux faces (**122**) du second (*fig.* 17). Or, j'ai montré que le pyroxène était sensiblement rhomboédrique, que la normale à la face h^1 était sensiblement un axe ternaire, les faces (**122**) étant des plans de symétrie approchés. Il y a donc parallélisme des deux réseaux. Il se peut, il est vrai, que ces deux réseaux soient, en réalité, symétriques; mais il faudrait pour l'établir des mesures beaucoup plus précises que celles qui peuvent être faites.

N. Jahrb. f. Min. u. Geol., 1876, p. 386.

Amphibole et magnétite. — Ces minéraux s'associent comme les précédents, quoique la face d'association ne soit plus la même. La face a^1 du second minéral repose sur la face *p* du

premier, un plan de symétrie de la magnétite normal sur la face a^1 étant parallèle au plan de symétrie de l'amphibole. Les cristaux de magnétite peuvent occuper deux positions à 180° l'une de l'autre, et par conséquent les deux réseaux peuvent être parallèles ou être symétriques par rapport à la face d'association.

Fig. 17.



Pyroxène et mica.

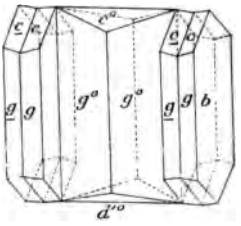
Épidote et allanite. — Ces deux minéraux, dont les paramètres cristallographiques sont très voisins, s'associent de façon que les faces analogues soient parallèles; il en est donc de même des deux réseaux, quelle que soit l'interprétation donnée aux arêtes du parallélépipède pris comme forme primitive.

Feldspaths. — On sait que les feldspaths d'espèces différentes peuvent se grouper de façon que, autant que possible, il y ait coïncidence entre les faces g^1, les faces h^1 et les faces p. Dans les feldspaths acides l'un des cristaux se présente sous forme de facules irrégulières englobées dans l'autre. Les feldspaths basiques, au contraire, s'associent généralement en zones con-

centriques. Mais, comme dans tous les cas où les réseaux ne peuvent pas s'orienter d'une façon absolument rigoureuse, il y a toujours un léger flottement : les cristaux oscillent autour d'une position limite.

Les meilleurs exemples que l'on puisse citer sont ceux de l'albite et de l'orthose. Un cristal de ce dernier minéral porte des lamelles d'albite, elles-mêmes maclées, de façon que les arêtes pg^1 soient parallèles et qu'une face *m* ou *t* de l'albite

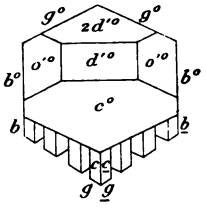
Fig. 18.



Orthose et albite.

soit parallèle à une face *m* de l'orthose (*fig.* 18). Mais le plus souvent l'albite, à l'état de petits cristaux, forme une couche

Fig. 19.



Orthose et albite.

sur les cristaux d'orthose (*fig.* 19). De telles associations se rencontrent dans les granites de bien des localités.

Lépidomélane et astrophyllite. — M. O. Mugge a observé

une association de ces deux minéraux dans les conditions suivantes : une lamelle de mica de 5^{cm} à 7^{cm}, limitée par les faces (010) et (*hhl*), porte des cristaux d'astrophyllite aplatis suivant le plan de clivage (100) et allongés suivant l'axe *b*. La face (100) de ce dernier minéral repose sur le plan de clivage du mica et l'axe *b* est parallèle à la trace de la face (010) du mica ou à une droite à 120° de cette trace, de façon à former un groupement ternaire. La régularité de l'association ne s'observe pas seulement à la surface de la lamelle de mica, mais encore à l'intérieur, car le mica englobe des cristaux d'astrophyllite. En outre, d'autre cristaux d'astrophyllite sont orientés perpendiculairement aux précédents.

Or l'astrophyllite est un minéral considéré comme terbinaire, ayant pour paramètres, d'après M. Brogger, 0,99025:1:4,7101, tandis que, d'après l'association précédente, ce minéral n'aurait qu'une symétrie apparente : l'axe *a* étant un axe ternaire approché et l'axe *b* étant un axe binaire ou un axe trapézoédrique. Admettons que l'axe *b* soit réellement un axe binaire, les paramètres rangés dans l'ordre habituel seront 4,7101:1:0,99025 et en multipliant le premier par 3:8 et le second par 3:2, ils deviennent 1,7662:1:1,47537, qui sont très voisins des paramètres 1,732:1:1,5309 du type pyroxène comme le montre la comparaison des angles, qui donne :

(110) ($\bar{1}$10) = 120°.58′ au lieu de 120° ′
(023) (0$\bar{2}$3) = 89.26 au lieu de 88.50
(104) (10$\bar{4}$) = 156.15 au lieu de 155. 6

Le mode d'association étudié par M. Mugge nous amène donc à considérer l'astrophyllite comme n'ayant qu'une symétrie apparente, ce que nous ne pouvions faire auparavant, ne connaissant pas de groupements de cristaux d'astrophyllite.

Centralblatt f. Min. Geol. u s. w., 1902, p. 353.

Calcite et mica. — Breithaupt cite une association parallèle de ces deux minéraux, mais il ne la décrit pas, et son dessin est trop incomplet pour qu'il soit possible de se rendre un compte exact de ce groupement. Toutefois, d'après ce dessin il paraîtrait que le mica présente une face parallèle à la face $(01\bar{1}1)$ de la calcite, et une face *m* parallèle à $(10\bar{1}0)$.

Depuis M. Mugge a trouvé dans la collection de Kœnigsberg une lamelle de biotite englobant des cristaux de calcite aplatis suivant la base, qui est parallèle à la face *p* du mica. De plus les traces de clivage sur la base de la calcite, c'est-à-dire les droites parallèles aux axes binaires, sont parallèles aux lignes de pression du mica, c'est-à-dire aux axes de ce minéral. Il y a donc bien parallélisme de deux minéraux. Cependant certains cristaux de calcite sont orientés à 180° des précédents et ils sont par suite symétriques du mica par rapport à la face d'accolement.

Centralblatt f. Min. u. Geol., 1902, p. 353.

Calcite et barytocalcite. — Il a été décrit plus haut une association de ces deux minéraux et nous avons vu qu'elle était une association parallèle, malgré la différence dans l'aspect extérieur des cristaux (*fig.* 1).

HAIDINGER, *Handbuch der Minéralogie,* p. 279.

II. — UNE ARÊTE COÏNCIDE AVEC UNE DIAGONALE.

Pyrite et galène. — Cette association, observée par M. O.-M. Mügge, se compose de cubes de pyrite portant sur une face de petits octaèdres de galène. La face a^1 de cette dernière est parallèle à la face *p* du cube, et un plan de symétrie de l'octaèdre est parallèle à un plan de symétrie principale du cube. Les octaèdres peuvent naturellement occuper deux positions à 180° l'une de l'autre.

MUGGE, *Min. u. Petrog. Mitth.*, vol. XX, p. 339.

Pyrite et pyrrothite. — La pyrite se dépose sur la pyrrothite de façon qu'une de ses faces soit parallèle à la face (0001) de ce minéral, une autre face étant parallèle à un plan de symétrie de la pyrrothite.

LACROIX, *Minéralogie de la France,* t. II, p. 567.

Galène et pyrrothite. — La position de la galène est la même que celle de la pyrite. Les cristaux de galène peuvent donc prendre sur un même cristal de pyrrothite trois orientations différentes à 120° l'une de l'autre. Si les trois cristaux, ainsi orientés, s'accroissent suffisamment pour se rejoindre leur ensemble simulera un groupement ternaire. Comme je l'ai indiqué plus haut, il faut bien se garder de comparer un telle association aux groupements ordinaires des cristaux. D'ailleurs, l'inverse pourrait avoir lieu : si la pyrrothite se déposait sur la pyrite, quatre cristaux pourraient se produire à 90° les uns des autres et, s'ils s'accroissaient suffisamment, en se rencontrant ils formeraient un groupement quaternaire apparent autour de l'axe ternaire de la pyrrothite.

LACROIX, *Minéralogie de la France,* t. II, p. 567.

Aragonite et calcite. — Cette association décrite par G. Rose est particulièrement intéressante parce que les éléments coïncidant ne paraissent avoir à première vue aucun rapport entre eux. La calcite est limitée par un scalénoèdre ayant pour notation $(21\bar{3}1)$, un axe binaire de cette calcite coïncide avec l'axe *a* de l'aragonite et l'axe *b* de cette dernière coïncide avec une arête du scalénoèdre. Or, comme on le sait, l'axe *a* de l'aragonite est un axe binaire de son réseau, tandis que l'axe *b* n'est qu'un axe trapézoédrique, et d'autre part, il est facile de voir que l'arête du scalénoèdre, rapportée aux arêtes de la forme primitive de la calcite, a

pour notation (112); elle est donc également un axe trapézoédrique. Par conséquent les éléments des deux cristaux qui coïncident sont bien de même nature. Mais, en outre, un calcul très simple montre que l'axe vertical de l'aragonite, c'est-à-dire un axe ternaire approché, coïncide avec une arête du rhomboèdre primitif de la calcite.

Pogg. Annalen, t. XCI, 1854, p. 147.

Amphibole et calcite. — Cette association a été décrite et figurée par Breithaupt. Trois cristaux d'amphibole sont allongés suivant les arêtes du rhomboèdre *p* de la calcite, de façon que leurs arêtes verticales soient parallèles aux arêtes du rhomboèdre et que leur plan de symétrie coïncide avec l'un des plans de symétrie de la calcite (*fig.* 2).

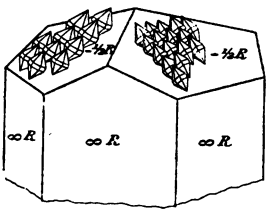
Les trois cristaux d'amphibole simulent donc un groupement ternaire autour d'une rangée qui, *a priori,* ne présente rien de particulier. Or, j'ai montré que la forme primitive de l'amphibole était un parallélépipède voisin d'un rhomboèdre de 80° 50′. Il est facile de voir que l'arête de ce parallélépipède située dans un plan de symétrie fait avec l'arête verticale un angle de 61° 26′, c'est-à-dire un angle très voisin de celui de l'arête du rhomboèdre de la calcite avec l'axe ternaire, qui est de 60° 44′. La différence peut s'expliquer de deux façons : ou bien, dans l'association, les arêtes des deux cristaux n'étaient pas rigoureusement parallèles ou bien les constantes cristallographiques de l'amphibole observée ne sont pas identiques à celles qui ont servi de bases au calcul. On voit donc qu'une arête de la forme primitive de l'amphibole, axe quaternaire représentatif, coïncide avec un axe ternaire de la calcite, et qu'il en est de même de deux axes binaires.

BREITHAUPT, *Handbuch der Mineralogie.*

III. — Une arête de la forme primitive de l'un des cristaux coïncide avec la diagonale d'une face de l'autre.

Quartz et calcite. — Cette association a été décrite pour la première fois par Breithaupt, et plus tard retrouvée sous un aspect tout différent par Von Rath et Dana. Dans l'échantillon de Breithaupt, un cristal de calcite présentant les faces $(01\bar{1}2)$ et $(01\bar{1}0)$ porte sur les premières un grand nombre de petits cristaux de quartz, limités par les faces $(1\bar{1}01)$, $(01\bar{1}1)$ et $(01\bar{1}0)$, et orientés de façon qu'une de leurs faces $(10\bar{1}1)$ repose sur la face $(01\bar{1}2)$ de la calcite et qu'un de leurs plans de symétrie coïncide avec un plan de symétrie de ce minéral, et par suite un de leurs axes binaires coïncide avec un axe binaire du même minéral (*fig.* 20). Mais

Fig. 20.



Calcite et quartz.

en outre l'orientation est telle que les directions des axes ternaires faisant des angles aigus avec la face commune soient de part et d'autre de cette face. Une arête de la forme primitive de la calcite est donc parallèle à la diagonale d'une face de la forme primitive du quartz. En outre, il est facile de voir que l'axe ternaire du quartz coïncide sensiblement avec un axe trapézoédrique de la calcite, car ils font respectivement avec l'axe ternaire de la calcite : le premier un angle de 25° 32′ et le second un angle de 26° 53′.

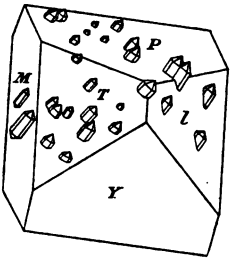
Dans l'association observée par Von Rath et par Dana, le cristal de calcite est complètement englobé au milieu de six cristaux de quartz parallèles deux à deux, chacun d'eux reposant sur une face de la calcite avec l'orientation indiquée plus haut. Il en résulte donc une association de six cristaux de quartz disposés à 120° autour d'une droite n'ayant aucune signification cristallographique (*fig.* 3).

BREITHAUPT, *Handbuch der Mineralogie.*

N. Jahrb. f. Min. u. Geol., 1875, p. 857.

Quartz et feldspaths. — Ces deux minéraux s'associent souvent pour donner naissance à de la pegmatite graphique dans laquelle tous les cristaux de quartz ont la même orientation. Jamais d'ailleurs on ne fait remarquer que le parallélisme de tous ces cristaux de quartz provient de ce qu'ils occupent une position déterminée par rapport au cristal de

Fig. 21.



Orthose et quartz.

feldspath. Il est vrai que cette orientation réciproque est assez difficile à reconnaître par suite de ce fait que si les positions relatives sont déterminées, elles sont susceptibles de se présenter en assez grand nombre. Toutes, d'ailleurs satisfont à la règle énoncée plus haut. Breithaupt a reconnu plusieurs de ces orientations, et il m'a été donné d'en reconnaître d'autres.

1. L'association suivante a été décrite par Breithaupt: un cristal d'orthose englobe un grand nombre de petits cristaux de quartz orientés de telle sorte qu'une face $(10\bar{1}1)$ soit parallèle à une face (110) du feldspath, et que la diagonale de cette face $(10\bar{1}1)$ aboutissant à l'axe ternaire soit parallèle à la droite d'intersection des faces (110) et $(20\bar{1})$, qui, comme on le sait, est une arête de la forme primitive du feldspath (*fig.* 21).

2. Breithaupt décrit une autre association dans laquelle une face $(10\bar{1}1)$ du quartz repose sur la face (001) de l'orthose de façon qu'un plan de symétrie du premier minéral coïncide avec le plan de symétrie du second. Il en résulte que l'arête (001) (010), qui est une arête de la forme primitive du feldspath, coïncide avec la diagonale de la face de la forme primitive du quartz.

BREITHAUPT, *Handbuch der Mineralogie.*

Quartz et tourmaline, quartz et cordiérite, quartz et muscovite. — Ces associations ont été sinon étudiées tout au moins signalées par M. Lacroix. Dans les deux premières, le quartz englobe des cristaux de tourmaline ou de cordiérite orientés parallèlement. Dans la troisième c'est le quartz qui est englobé dans le mica. La communauté d'orientation ne peut évidemment s'expliquer que par une relation entre les cristaux englobés et le cristal englobant; malheureusement M. Lacroix ne s'est pas préoccupé de la question et le problème est encore à résoudre.

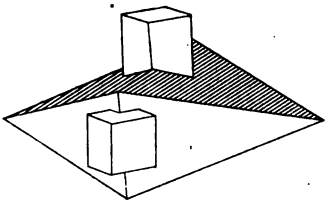
LACROIX, *Minéralogie de la France.*

Néphéline et augite. — Ces deux minéraux forment, d'après M. Lacroix, des associations pegmatoïdes, dans lesquelles la néphéline englobe des cristaux de quartz parallèlement

orientés. Mais l'auteur n'indique pas les relations existant entre les deux minéraux.

Pyrite et mispickel. — La figure ci-dessous (*fig.* 22) montre

Fig. 22.

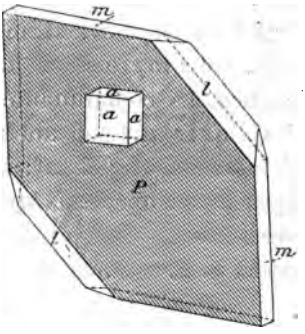


Mispickel et pyrite.

d'après Sadebeck, de petits cubes de pyrite enchâssés dans un prisme de mispickel de façon qu'un de leurs axes quaternaires coïncide avec l'axe binaire de ce dernier. En outre, un axe binaire de la pyrite est parallèle à l'axe ternaire approché du second sulfure.

Wiedmann's Annalen, t. V, 1878, p. 577.

Fig. 23.

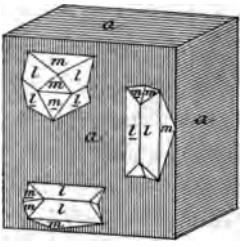


Pyrite et marcassite.

Pyrite et marcassite. — Ces deux minéraux peuvent s'asso-

cier comme la pyrite et le mispickel (*fig.* 23), et suivant une seconde loi, dans laquelle l'axe binaire de la marcassite coïncide aussi avec un axe quaternaire de la pyrite, mais en outre un autre axe quaternaire de la pyrite est parallèle à l'arête de base de la marcassite. Or, j'ai montré que la face (110) de ce dernier minéral était une face de sa forme primitive et que, par conséquent, son arête de base est une diagonale d'une face de cette forme primitive. Dans la figure ci-dessous (*fig.* 24)

Fig. 24.



Pyrite et marcassite.

les cristaux de marcassite sont maclés suivant la face (110).

SADEBECK, *Pogg. Ann.* Erganz. B., vol. VIII, p. 625.

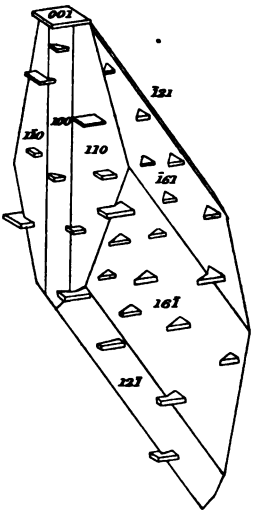
IV. — UNE DIAGONALE COÏNCIDE AVEC LA DIGONALE D'UNE FACE.

Tourmaline et muscovite. — M. Linck a eu l'occasion d'observer l'association suivante de ces deux minéraux : la tourmaline en cristaux aplatis suivant un plan de symétrie est orientée de telle sorte que ce plan de symétrie soit parallèle au plan de clivage du mica, autrement dit, de façon que l'axe ternaire de ce dernier minéral coïncide avec un axe binaire de la tourmaline; en outre, l'axe ternaire de celle-ci est parallèle à une ligne de pression du mica, c'est-à-dire à un de ses axes binaires.

Jenaische Zeitsch. f. Natw., t. XXXIII, p. 350.

Barytine et barytocalcite. — C'est encore à M. Mugge que l'on doit l'étude de cette association. Les axes *b* des deux minéraux coïncident ainsi que les faces (100) (*fig.* 25). Or nous

Fig. 25.



Barytocalcite et barytine.

avons vu quelle était la forme primitive de la barytocalcite, il est maintenant nécessaire de discuter celle de la barytine. On ne connaît pas de groupement authentique de ce minéral, et il faut, pour déterminer sa forme primitive, s'en rapporter aux analogies; au point de vue des formes cristallines, il existe les plus grandes ressemblances entre les sulfates, le soufre et les sulfures. Les paramètres habituels de la löllingite, par exemple, sont 0,66888 : 1 : 1,2331, et ceux de la barytine 0,81520 : 1 : 1,31359, si l'on divise le dernier de ces paramètres par 2, et si l'on multiplie le premier par 3:2, on obtient 1,2228:1:0,65679, très voisins des paramètres de la löllingite. Or les groupements de ce dernier minéral nous

montrent que son axe moyen est en réalité un axe ternaire approché, et l'axe vertical un axe binaire; il en est donc de même dans la barytine dont les paramètres sont

$$0,65629:1,2228:1.$$

D'après ces résultats, on voit que le groupement des deux cristaux est tel qu'un axe binaire de la barytocalcite coïncide avec un axe ternaire approché de la barytine, et qu'un axe binaire de ce dernier soit parallèle à la diagonale d'une face de la forme primitive du premier.

Quartz et feldspaths. — Dans ce groupe rentre une association de ces deux minéraux pouvant donner naissance à une pegmatite. J'ai, en effet, observé dans une pegmatite l'orientation suivante : un plan de symétrie du quartz coïncide avec le plan de symétrie de l'orthose et la face $(1\bar{1}01)$ du quartz repose sur la face (100) du feldspath, de sorte que la diagonale de la face du quartz est parallèle à l'arête (100) (010), qui est un axe quasi-ternaire.

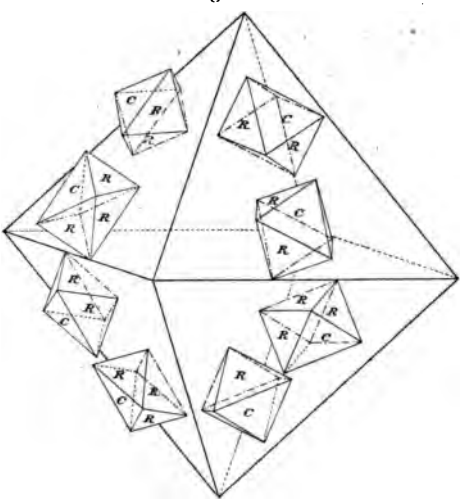
GROUPEMENTS D'APPARENCE ABERRANTE.

Il nous faut maintenant nous occuper d'une catégorie de groupements ne satisfaisant pas absolument à la loi énoncée au début de ce travail, et dont l'examen nous permettra de préciser nos connaissances sur l'action d'une particule complexe sur un point extérieur. Dans les groupements étudiés jusqu'ici l'orientation des cristaux était déterminée par la coïncidence de deux éléments des formes primitives de ces cristaux, et l'on a pu constater que, dans certains cas, la coïncidence de ces éléments entraînait celle d'un axe trapézoédrique de l'un des cristaux, avec un des éléments de la forme primitive de l'autre. Or, dans les groupements qu'il nous reste à étudier, un seul élément de la forme primitive

de l'un des cristaux coïncide avec un élement de l'autre, et c'est la coïncidence d'un axe trapézoédrique de l'un des cristaux avec un élément de la forme primitive de l'autre qui achève de déterminer l'orientation des cristaux.

Magnétite et oligiste. — L'association la plus remarquable, satisfaisant aux conditions ci-dessus énoncées, est sans contredit celle décrite par Von Rath, d'après un échantillon venant du Vésuve et comprenant un octaèdre de magnétite englobant de petits cristaux d'oligiste (*fig.* 26). Ce dernier minéral est

Fig. 26.



Magnétite et oligiste.

limité par les bases et par les faces du rhomboèdre primitif; les bases sont parallèles à l'une des faces de l'octaèdre, et, en outre, la droite d'intersection d'une base avec une face du rhomboèdre, c'est-à-dire un axe binaire, est parallèle à une des hauteurs de la face de l'octaèdre, c'est-à-dire parallèle à un axe trapézoédrique de la magnétite. Sur la même face de

cet octaèdre, les cristaux d'oligiste peuvent d'ailleurs avoir deux orientations à 180°. Il y a donc, comme on le voit, huit orientations différentes pour les cristaux d'oligiste.

N. Jahrb. f. Min. u. Geol., 1876, p. 386.

Tourmaline et muscovite. — Un second cas du même mode d'association nous est fourni par ces deux minéraux qui ont été trouvés réunis par MM. Linck et Mügge. Une base de la tourmaline est parallèle au plan de clivage du mica, et la trace d'un plan de symétrie du premier minéral, c'est-à-dire un axe trapézoédrique, est parallèle à l'axe binaire du mica.

Jenaische, Zeitsch. f. Naturw., t. XXXIII, p. 350. — *Centralblatt f. Min. u. Geol.*, 1902, p. 354.

Muscovite et iodure de potassium. — Il a été indiqué plus haut que l'iodure de potassium s'orientait en cristallisant sur une lamelle de mica, de façon que les axes ternaires fussent parallèles ainsi que les axes binaires perpendiculaires, mais il peut se produire une autre orientation, dans laquelle l'iodure est à 30° de l'orientation précédente, et où les axes binaires de l'un des minéraux coïncident avec les axes trapézoédriques de l'autre.

Pogg. Annalen, t. XXXVII, 1836, p. 516.

Muscovite et azotate de soude. — Sur une lamelle de mica l'azotate de soude cristallise en rhomboèdres, dont les plus petits présentent une base sur laquelle ils reposent, de façon que les axes trapézoédriques des deux minéraux coïncident. Les rhomboèdres présentent d'ailleurs deux orientations à 180° l'une de l'autre.

Pogg. Annalen, t. XXXVII, 1836, p. 516.

De ce qui précède il résulte que, dans les groupements de cristaux d'espèces différentes, les axes trapézoédriques se

présentent comme des rangées particulières, jouissant de propriétés communes avec les véritables éléments de symétrie. A plusieurs reprises nous avons été amenés à faire un rapprochement analogue entre ces axes trapézoédriques et les éléments de symétrie; tout d'abord on a vu que, dans les groupements autour d'un axe ternaire, les axes trapézoédriques devenaient des axes binaires véritables du groupement; d'autre part, il arrive fréquemment que ces axes trapézoédriques deviennent, dans un cristal, des axes binaires apparents, jouissant, tout au moins au point de vue des formes cristallines, de toutes les propriétés des axes binaires ordinaires. Il faut donc bien admettre que dans les cristaux ces axes trapézoédriques ne sont pas des rangées quelconques, qu'ils jouissent de propriétés qui ne découlent pas immédiatement de la nature du réseau, ni de ce que nous savons de la particule complexe. Au point de vue géométrique, ces axes trapézoédriques sont les seules droites qui, sans être des axes de symétrie, sont, cependant, perpendiculaires sur deux axes de symétrie, perpendiculaires entre eux, mais je ne sache pas que cette position particulière entraîne, d'une façon générale, de propriété spéciale. Il faut donc admettre que la particule complexe présente quelques particularités, qu'il serait du plus haut intérêt, pour la cristallographie, de reconnaître.

Pour le moment, en généralisant les renseignements que nous fournit l'étude des groupements de cristaux d'espèces différentes, nous sommes amenés à dire que la particule complexe doit exercer suivant les axes trapézoédriques des actions centrales, comme suivant les axes de symétrie, autrement dit, les fonctions représentant les composantes de ces actions doivent satisfaire aux deux conditions indiquées au début de ce travail.

Contribution à l'étude de la formation et de l'accroissement des cristaux;

Par M. Paul Gaubert.

I. — Formation des cristaux.

A la suite des observations de Linck, de Schmidt et surtout de H. Vogelsang, on admit que le cristal passe par une série de phases, périodes embryonnaires pendant lesquelles il ne possède pas les formes géométriques qui le caractérisent. Linck [1], qui a fait le premier des observations microscopiques sur la formation des cristaux, a étudié le carbonate de calcium précipité. Il a cru voir que les cristaux apparaissent d'abord sous forme de globules liquides qui deviennent ensuite de petits cristaux. Schmidt [2] arrive à des résultats semblables, en étudiant l'asarone, substance blanche extraite de l'*asarum europæum*. L'addition d'eau, à la solution alcoolique de ce corps, provoque la formation de petits globules en suspension dans la solution. Chacun de ces globules se divise en quatre, et chaque partie devient un cristal par addition d'autres particules. Hermann Vogelsang [3] apporta à la théorie de la formation embryonnaire des cristaux un grand appui. Il a étudié surtout la formation des cristaux de soufre et de carbonate de chaux. Il admet, à la suite de ses observations, que les cristaux commencent d'abord par être des corps qu'il a appelés *globulites* et qu'il définit ainsi : « Les globulites sont des corps homogènes sphériques ou

---

(1) Linck, *Pogg. Annalen*, t. XLVI, 1839, p. 258.

(2) Schmidt, *Lieb. Ann.*, t. LIII, 1845, p. 171.

(3) H. Vogelsang, *Arch. néerl. des Sciences exactes et naturelles*, vol. V, 1870; vol. VI, 1871, p. 223; vol. VII, 1872, p. 38.

ellipsoïdaux primitivement liquides (goutte), pourvus d'une certaine somme de mouvement moléculaire interne distribué ou accumulé (force de cristallisation) qui les rend capables de s'attirer mutuellement et de se grouper, se réunir ou se transformer régulièrement. » Comme pour les cristaux, Vogelsang leur attribue trois plans d'attraction maximum. Lorsque ces globulites forment des agrégats réguliers, mais dont le développement polyédrique complet est empêché par la résistance extérieure, ils constituent les *cristallites*. Quand ces derniers ont une forme plus cencentrée, plus unifiée et qui, s'ils appartiennent à une substance biréfringente, agissent sur la lumière polarisée, Vogelsang les appelle *cristalloïdes*. Ils constituent un degré supérieur d'évolution des cristallites et ils se lient par des passages graduels aux productions auxquelles cette dernière dénomination est plus spécialement réservée. La substance, après être passée par la phase du cristalloïde, se transforme graduellement en cristal proprement dit.

La théorie de Vogelsang a eu un certain succès; elle a été, en partie, soutenue par M. Behrens (1). Les recherches de ce dernier auteur, faites dans la même voie que celles de Vogelsang, l'ont conduit à admettre qu'on doit distinguer les cristallites accrus d'une façon continue et ceux qui se sont formés d'une façon discontinue; ces derniers seulement seraient formés par des globulites. Comme Vogelsang, M. Behrens admet que ces globulites ont des pôles d'attraction.

M. O. Lehmann (2) pense que l'hypothèse de l'agrégation des globulites, par suite des forces polaires attractives formant des cristaux embryonnaires, n'est pas nécessaire. Les mouvements des particules sont seulement dus aux forces capillaires.

---

(1) H. Behrens, *Die Krystalliten*. Kiel, 1874.
(2) O. Lehmann, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1877, p. 470.

M. O. Lehmann [1] a étudié la formation des cristaux d'un grand nombre de substances sur une lame de verre, ses observations l'ont conduit aux conclusions suivantes : Une substance dissoute dans un liquide se sépare en cristaux d'autant plus anormaux qu'elle est moins soluble, que la cristallisation est plus rapide et que la solution est plus visqueuse. Au lieu de cristaux polyédriques, dans les cas où la cristallisation est rapide, on obtient sur la lame des cristaux s'accroissant seulement par les angles polyèdres, donnant ainsi naissance à plusieurs branches, dont le nombre est en relation avec la symétrie du cristal; chacune de ces branches se ramifie à son tour. Ce dernier fait a été observé depuis longtemps et il suffit d'évaporer rapidement une goutte d'une solution d'un corps quelconque pour l'observer. O. Lehmann, a constaté que, si la cristallisation continue, le squelette cristallin devient graduellement un cristal régulier qui se distinguera d'un cristal qui aura été normal depuis sa formation, par la présence d'inclusions liquides provenant de cavités n'ayant pas été remplies par les molécules cristallines.

Les observations faites sur des substances cristallisant par évaporation, non sur une lame de verre, comme dans les expériences de M. O Lehmann, mais dans des conditions telles que le cristal se produise dans un milieu qu'on peut considérer comme illimité, conduisent à des résultats partiellement différents de ceux auxquels est arrivé cet auteur.

J'ai examiné les cristaux formés par précipitation de leur solution aqueuse par un autre liquide diminuant la solubilité de la substance dissoute. Les nitrates de plomb, de baryte, de strontium, l'alun, les chlorures de sodium, de potassium, de baryum, etc., ont surtout servi à mes expériences. Celles-ci

---

[1] O. Lehmann, *Ueber das Wachsthum der Krystalle* (*Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1877, p. 453).

ont été faites dans des cristallisoirs ou bien encore sur une lame de verre creuse, mais les cristaux sont observés, dans ce dernier cas, avec une grande quantité de liquide par rapport au volume de ces cristaux.

Chlorure de sodium. — Si, à une solution de chlorure de sodium, on ajoute de l'alcool, il se sépare des cristaux excessivement petits, ayant la forme du cube, et, par suite de la tension superficielle, produite entre l'alcool et la solution saline, un certain nombre sont doués de mouvements excessivement rapides. Ces petits cubes s'accroissent également sur toutes les faces, à cause de leur mouvement dans la solution; ils sont, en somme, dans les mêmes conditions qu'un cristal auquel un mouvement tournant est imprimé dans un liquide. Beaucoup d'expériences, et en particulier celles de M. de Watteville (1), ont montré que, dans ce cas, un cristal s'accroît régulièrement dans tous les sens. Les cristaux, ainsi formés, ne présentent pas de parties opaques, dues à des inclusions, alors que les cristaux qui sont restés immobiles en contiennent presque toujours. L'explication de ce fait sera donnée plus loin.

Les faits se passent ainsi quand on ajoute peu d'alcool à une solution saturée, ou beaucoup d'alcool à une solution éloignée de son point de saturation. Si l'eau mère et la quantité d'alcool sont telles que la précipitation soit abondante, les cristaux, au lieu d'être simples, sont comme s'ils étaient formés par le groupement, avec pénétration, de trois cristaux, suivant un axe quaternaire, chaque bras du cristal composé ayant des arêtes et des faces très nettes appartenant au cube. Il ne m'a pas été possible de savoir si le cristal complexe provenait d'un seul cube qui se serait accru seulement dans certaines direc-

(1) De Watteville, *C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. CXXIV, 1897, p. 400.

tions, ou s'il devait son origine à des cristaux d'abord isolés et qui se seraient groupés, ensuite, par suite des attractions dues au mouvement brownien. La composition de beaucoup de ces cristaux complexes ayant seulement trois branches, quatre branches, semble donner un appui à la seconde hypothèse.

On sait que les cristaux de chlorure de sodium, cristallisant d'une solution contenant de l'urée, sont en octaèdres. Il était intéressant d'examiner la forme des cristaux obtenus par précipitation d'une eau mère renfermant de l'urée. Ces petits cristaux, se produisant comme les premiers qui viennent d'être décrits, sont en cubes parfaits et non en octaèdres, mais seulement au début. Au bout de quelque temps les faces de l'octaèdre apparaissent et se développent graduellement, mais d'autant plus vite que la quantité d'urée est plus grande. L'alcool disparaît rapidement par évaporation ; sur une lame de verre l'évaporation de l'eau et, par conséquent, l'enrichissement de l'eau mère en urée n'est pas la même sur toute l'étendue de la plaque, aussi l'on peut voir les cristaux présenter tous les stades de développement des faces de l'octaèdre.

Une solution d'urée et de chlorure de sodium m'a donné des cristaux de ce dernier sel qui ont d'abord été en cubo-octaèdre ; quelques-uns de ces derniers se sont transformés en octaèdres parfaits, mais tous ont finalement présenté, en outre, les faces assez développées d'un trapézoèdre. Les cristaux étant trop petits, il ne m'a pas été possible de voir quel était le symbole de celui-ci.

Les faces du cube disparaissent souvent sans présenter rien de particulier ; dans quelques cas elles ne continuent pas à s'accroître au centre, alors que les faces de l'octaèdre augmentent de surface. Du côté de la face cubique, il se produit quatre facettes octaédriques, et c'est par l'accroissement

rapide de ces dernières que le cristal est complètement transformé en un octaèdre parfait.

Chlorure de potassium. — La précipitation d'une solution aqueuse par l'alcool donne de très petits cristaux cubiques. L'acide chlorhydrique produit aussi un précipité de petits cristaux, mais, dans l'un et l'autre cas, si la précipitation est rapide, il se produit des groupements comme dans le sel marin. L'urée ajoutée à la dissolution du chlorure change la forme cristalline de ce dernier, qui est alors en octaèdre ou en cubo-octaèdre. Malgré la présence de l'urée, cette modification n'a pas lieu si les cristaux se forment par précipitation.

Chlorure d'ammonium. — La précipitation donne toujours des groupements de cristaux quand la substance dissoute est abondante, comme l'a déjà observé M. O. Lehmann ([1]), qui a fait beaucoup d'expériences de cristallisation sur ce corps. Il est difficile même d'obtenir des cristaux isolés par précipitation rapide. On sait qu'en présence de l'urée les cristaux ne possèdent que les faces du cube. Comme pour le sel marin et le chlorure de potassium, une précipitation rapide par l'acide chlorhydrique donne naissance à des cristaux non modifiés.

Le *bromure de potassium* et l'*iodure de potassium* fournissent des résultats semblables à ceux donnés par le chlorure de potassium.

Nitrate de plomb. — Les cristaux de ce corps, obtenus par précipitation par l'alcool, sont en octaèdres et transparents, aussi petits qu'on puisse les observer avec des objectifs à

([1]) O. Lehmann, *Loc. cit.* p. 457 et *Zeitsch. f. Kryst.*, t. VIII, 1884, p. 437.

immersion. Les cristaux, produits par addition d'acide azotique à une solution aqueuse, sont aussi parfaits dès le début de leur formation et en octaèdres, alors que ceux qui se sont accrus plus lentement présentent, en outre, les faces du cube.

Je reviendrai sur les cristaux de nitrate de plomb à propos de leur accroissement.

Le nitrate de baryte fournit les mêmes résultats que le nitrate de plomb.

Les observations faites sur beaucoup d'autres substances (aluns, gypse, sulfate de cuivre, chlorure de baryum, etc.) montrent aussi que, dans le cas où la solubilité d'une substance dans l'eau est diminuée brusquement, il se sépare des cristaux très petits, mais parfaits, et ayant des formes simples; par conséquent, la loi empirique de O. Lehmann ne s'applique pas au cas où la formation des cristaux est produite par précipitation rapide d'un corps de sa solution dans une grande quantité de liquide.

Ces observations confirment celles de MM. O. Lehmann, de H. Vater et de T.-W. Richard et E.-H. Archibald [1] relativement à l'absence d'état embryonnaire du cristal. MM. Richard et Archibald ont reproduit par la Photographie les différents stades du développement du cristal et ont trouvé que les cristaux de chlorure de baryum présentaient dès le début leur forme définitive.

Quant à la phase liquide admise par Ostwald, on ne peut pas la mettre en évidence, si elle existe.

Ce qui est aussi à remarquer, c'est que, dans la formation rapide des cristaux, les substances qui, ajoutées à l'eau mère, modifient la forme cristalline, sont sans aucune action sur cette dernière.

---

[1] T.-V. Richard et E.-H. Archibald, *Étude de l'accroissement des cristaux par des photomicrographies instantanées* (*Phil. Mag.*, t. II, 1901, p. 488).

Les anomalies de forme des petits cristaux (cristaux filiformes, contournés, etc.) sont attribuées par M. O. Lehmann [1] à l'action des courants de concentration et par M. H. Vater [2] à la présence de matières étrangères incorporées dans le cristal.

Dans certains cas, les cristaux filiformes contournés paraissent avoir été courbés sous l'influence des courants existant dans le liquide. Dans une expérience, une solution chaude, saturée de nitrate de plomb et contenant du bleu de méthylène, a abandonné, par refroidissement, des cristaux filiformes de ce dernier corps, dont quelques-uns ont à peine $\frac{1}{200}$ de millimètre de diamètre sur 2^{cm} de longueur.

Ces filaments, formant une seule touffe, étaient fixés sur des cristaux de nitrate de plomb par une de leurs extrémités, alors que l'autre était libre, et la courbure de tous était telle que les cristaux paraissaient avoir été pliés par une force agissant dans la même direction. La seule force qui paraît intervenir pour produire cet effet est celle des courants intérieurs du liquide. On ne réussit pas toujours à avoir de tels cristaux, et, naturellement, dans chaque cas, les relations réciproques de chacun d'eux sont différentes.

II. — Accroissement des cristaux.

D'après les observations de Franckenheim [3], de O. Lehmann [4], de G. Wulff [5], etc., un cristal s'accroît de la façon

---

(1) O. Lehmann, *Uebertrichitenbildung* (*Zeitsch. f. Kryst.*, t. VIII, 1851, p. 451).

(2) H. Vater, *Das Wesen der Krystalliten* (*Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXVII, 1897, p. 505).

(3) Franckenheim, *Pogg. Ann.*, t. III, 1860, p. 1.

(4) O. Lehmann, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1877, p. 453.

(5) G. Wulff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXIV, 1901, p. 449.

suivante : la couche du liquide en contact avec le cristal dépose sur la surface de ce dernier une certaine quantité de substance, et, devenant par ce fait plus légère, elle monte et est remplacée par une nouvelle couche de liquide saturé, qui forme à son tour un dépôt sur le cristal, et ainsi de suite.

Par suite de ce mode d'accroissement, il se produit dans le liquide des courants dits *de concentration*. Ces courants, ou tous ceux qui peuvent se former dans le liquide en voie de cristallisation, ont une grande influence sur le développement des cristaux dans les directions parallèles à ces courants. L'action de ces derniers a été bien étudiée par M. G. Wulff, qui, après s'être mis à l'abri de ces courants, a étudié le développement relatif des différentes faces du sel de Mohr.

M. Weyberg (1) a observé l'accroissement des cristaux d'alun et quelques-uns des résultats auxquels il est arrivé sont identiques à ceux que j'ai obtenus par des procédés différents et dont j'ai déjà donné une description préliminaire (2).

Accroissement des cristaux de nitrate de plomb. — L'accroissement des cristaux de cette substance a été étudié sur une lame porte-objets, de façon à pouvoir l'observer au microscope. M. Weyberg, au contraire, a expérimenté, comme l'avait fait auparavant M. G. Wulff, sur de gros cristaux. Les observations ont été faites sur des cristaux produits dans une eau mère ne contenant pas d'acide azotique, et qui sont par conséquent en octaèdres réguliers et souvent opaques. Le liquide saturé de nitrate de plomb est chauffé légèrement. Il y a évaporation, mais la solubilité du sel de plomb ayant augmenté, il n'y a pas immédiatement dépôt de substance, si l'on ne chauffe pas trop longtemps. La lame est ensuite placée sur la

(1) Weyberg, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXVI, 1902, p. 40.
(2) P. Gaubert, *Bull. du Muséum*, 1902, p. 227.

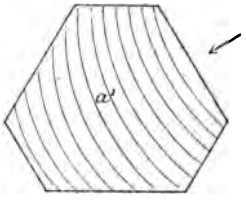
platine du microscope. On voit alors, par suite du refroidissement, se former de petits cristaux en octaèdres réguliers. Mais, si, au bout d'un certain temps, on remarque que tous les cristaux ne sont pas semblables, que les faces ne sont pas pour tous également développées et que les uns sont opaques alors que les autres sont absolument transparents, les différences observées dans l'état physique et géométrique de ces cristaux proviennent des courants de concentration.

Des courants existent en effet, comme le montrent le mouvement de petites particules en suspension dans le liquide et celui même des petits cristaux de nitrate de plomb formés à la surface. En outre, si l'on examine les cristaux se déposant au contact de la lame de verre, on voit que la face supérieure de l'octaèdre, parallèle à celle qui touche la lame, est couverte de traînées plus ou moins parallèles et plus ou moins régulières, et avançant progressivement. Elles indiquent les mouvements du liquide au contact de la surface du cristal.

On peut observer les phénomènes suivants :

1° *Le cristal se trouve soumis à l'influence d'un seul courant de concentration.* — On voit apparaître, sur un bord quelconque

Fig. 1.

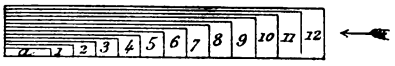


de la face supérieure de l'octaèdre, une série d'ondes, presque parallèles, se succédant à intervalles très rapprochés (une

demi-seconde environ) (*fig.* 1). Si les ondes sont assez régulières, le cristal est absolument transparent, mais si ces bandes sont irrégulières, déchiquetées, les cristaux sont opaques, et un examen plus attentif montre que la surface du cristal présente dans ce cas des irrégularités.

En mesurant au microscope l'accroissement dans le sens opposé au courant, on constate que, dans cette direction, il est beaucoup plus grand que dans les autres. Le cristal, au contraire, s'accroît beaucoup moins en épaisseur, de telle sorte que le changement des dimensions du cristal peut être

Fig. 2.



représenté par la figure 2. La flèche indique la direction du courant et *a* le cristal primitif.

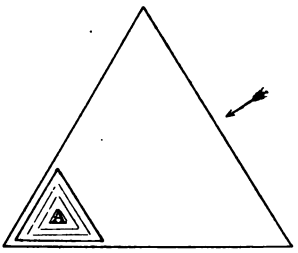
Dans une expérience, le cristal avait $\frac{1}{10}$ de millimètre dans tous les sens; au bout d'un certain temps, l'épaisseur avait seulement doublé alors que, dans les autres directions, le cristal atteignait 2^{mm}, mais les faces de l'octaèdre opposées à celles sur lesquelles arrive le courant de concentration avaient reçu peu de dépôt cristallin (*fig.* 2).

Le dépôt de matière cristalline sur la face supérieure de l'octaèdre ne doit pas se faire simultanément mais bien progressivement. Le fait ne peut pas être constaté directement, car la couche déposée est trop mince dans le cas où le cristal se forme sous le microscope, mais des cristaux rapidement accrus montrent des accidents sur leurs faces qui sont identiques et ceux qui se seraient formés par les couches parcourant la surface du cristal et qui seront décrits plus loin sur des cristaux naturels.

Des cristaux dont la face supérieure a la forme d'un triangle

équilatéral paraissent à première vue s'être développés également dans toutes les directions perpendiculaires aux côtés. Il n'en est rien. Un fort courant de concentration arrivant sur une des arêtes, peut déposer de la matière de façon que toutes les arêtes conservent les mêmes dimensions. Cela a aussi lieu lorsque la face a^1(111) est hexagonale.

Fig. 3.



Le fait est très facile à mettre en évidence si l'on prend un très petit cristal opaque et qu'on le place ensuite dans le trajet d'un courant. Les nouvelles couches qui se déposent sont transparentes et il est par conséquent facile de comparer la forme du cristal primitif avec celle qui est obtenue en dernier lieu.

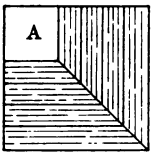
La figure 3 montre bien comment se fait cet accroissement.

Sur les cristaux de sel gemme, on observe aussi le même fait. Un cube peut ne s'accroître que par deux faces contiguës comme l'indique la figure 4 dans laquelle A désigne le cristal primitif qui était transparent. Les lignes indiquent la séparation des nouvelles couches déposées seulement dans deux directions.

2° *Le cristal est soumis à l'action de plusieurs courants de concentration.* — Plusieurs ondes apparaissent à des points

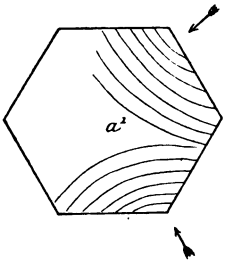
divers du cristal comme l'indique la figure 5. Elles ne peuvent pas parcourir tout le cristal, comme les précédentes, et s'arrêtent là où elles se rencontrent. On voit alors le cristal devenir opaque, s'il était d'abord transparent, ne s'étant accru que sous l'action d'un seul courant, mais l'opacité ne se pro-

Fig. 4.



duit pas au point même où les deux courants se croisent, la partie non transparente, étant en relation avec la symétrie du cristal, est produite par des bandes opaques parallèles aux arêtes $a^1 a^1$ (111) (111). Cette opacité est due à ce que les couches qui se forment sous l'influence des courants n'ont pas

Fig. 5.



la même épaisseur et qu'en outre les fronts des deux lames liquides, déposant les molécules cristallines, non seulement ne sont pas parallèles, mais quelquefois même sont assez irréguliers. Les cristaux opaques contiennent plus d'eau provenant des inclusions que les cristaux transparents, comme

l'a déjà observé M. L. Wulff [1]. Dans ses expériences M. Wulff a en effet trouvé que les cristaux opaques contenaient 0,3 pour 100 d'eau alors que les cristaux transparents n'en renfermaient qu'une quantité beaucoup plus faible.

J'ai pris la densité et j'ai trouvé pour les cristaux transparents 4,45 et 4,40 pour les cristaux opaques. Ces nombres-là sont les moyennes de dix expériences, deux échantillons n'ayant jamais la même densité. Ces inclusions expliquent aussi les différences qu'on trouve dans les résultats obtenus par les différents expérimentateurs.

Les cristaux de nitrate de plomb deviennent très facilement opaques à cause de leur grand indice de réfraction, qui est très élevé par rapport à celui de leur eau-mère. Il se produit le phénomène de la réflexion totale sur les lames cristallines limitant les inclusions de telle façon que la lumière finit par être totalement arrêtée.

En présence de l'acide azotique les cristaux sont généralement transparents, mais cela tient à ce que la solubilité du nitrate de plomb est considérablement diminuée et, par conséquent, l'accroissement du cristal se fait plus lentement que dans l'eau pure.

On peut se rendre facilement compte que c'est bien la multiplicité des courants qui donne l'opacité des cristaux. Il suffit de prendre un cristal bien transparent et de le mettre dans une région de la plaque où se trouvent plusieurs courants, ou même de le laisser en place et, par l'agitation avec une aiguille, de produire plusieurs courants; aussitôt on voit le cristal présenter de nouvelles parties d'accroissement qui sont opaques au point de rencontre de ces courants.

Les cristaux présentant des parties opaques peuvent être utilisés pour étudier leur accroissement dans certaines direc-

---

[1] L. Wulff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. IV, 1880, p. 147.

tions, on a, en effet, sans avoir recours à des cristaux colorés d'autres substances, comme dans les expériences de M. G. Wulff et de M. Weyberg servant de noyaux, des points de repère qui permettent de faire des mesures. Naturellement, les observations ne peuvent être faites qu'au microscope. L'influence des courants de concentration sur le développement des faces placées sur le trajet du courant est ainsi facilement mise en évidence. En outre, cette méthode présente sur les autres l'avantage de ne pas sortir le cristal de son milieu.

3° *Le courant de concentration est vertical.* — Les parties du liquide, rapprochées de la surface, se concentrent plus rapidement que celles qui sont placées au-dessous ; par suite de l'évaporation, il se produit des courants allant de haut en bas. Si l'un de ceux-ci tombe sur la face supérieure octaédrique d'un cristal, il se répand sur tout le cristal à partir du point de contact, et les ondes ont un contour polygonal. Les cristaux formés dans ces conditions sont généralement transparents comme ceux qui sont formés sous l'influence d'un seul courant horizontal de concentration.

Inclusions. — On vient de voir qu'il y a formation de lames cristallines et d'inclusions là où deux courants de concentration se rencontrent sur le cristal. G. Wulff et Weyberg ont aussi constaté la formation d'inclusions, mais ils n'ont pas observé que ces dernières fussent produites sous l'influence de deux ou plusieurs courants différents. En effet, indépendamment de celles qui se forment dans ces dernières conditions, il s'en produit d'autres beaucoup moins nombreuses sur tout le cristal. Parfois elles manquent complètement, surtout dans les cristaux transparents de nitrate de plomb, mais elles sont fréquentes dans les cristaux de sel marin. Cependant, en règle générale, sur les petits cristaux formés

sur une lame de verre, elles sont peu abondantes. Il en est de même des cristaux formés isolément quoique très rapidement au sein d'un liquide contenu dans un vase, comme dans les expériences de G. Wulff et de Weyberg. On met facilement les inclusions en évidence en colorant l'eau mère par une couleur d'aniline. Ainsi, quoique l'alun de potasse ne se colore point par la fuchsine, lorsque de gros et même de petits cristaux d'alun se forment rapidement ils possèdent une belle couleur rouge due à la présence d'un très grand nombre d'inclusions d'eau mère.

M. Weyberg a trouvé que pour l'alun les inclusions se produisent lorsque, sur les faces, l'affluence de matière est grande, confirmant ainsi les observations de M. Wulff. Elles se trouveraient aussi surtout sur les arêtes des faces s'accroissant inégalement.

M. Weyberg a constaté que dans le même cristallisoir il se produit à la fois des cristaux avec inclusions et sans inclusions. Un trouble quelconque apporté dans la solution peut amener la formation d'inclusions.

Tous ces faits s'expliquent facilement. Dans le même cristallisoir les cristaux ne sont pas soumis de la même manière à l'action des courants existant dans le liquide. Les uns ne s'accroissent que sous l'influence d'un courant, les autres de plusieurs, et il en est même qui se trouvent placés dans des parties en repos. Le nombre et les dimensions des inclusions seront la conséquence de cet accroissement variant pour chaque cristal.

Le mode d'accroissement des cristaux de nitrate de plomb et les accidents qui se trouvent sur les faces de ces derniers permettent d'expliquer les irrégularités des faces des minéraux. A la fin de la période de formation du cristal, le courant de concentration ne parcourt pas toute la face du cristal et, par conséquent, ne peut pas apporter de la matière sur toute

la surface de celle-ci. La limite du dépôt est indiquée par des lignes plus ou moins régulières, quelquefois en rapport avec la symétrie du cristal.

Ces anomalies de structure des faces sont très fréquentes dans les cristaux naturels, surtout dans le quartz, la fluorine, la galène, la blende, le fer oligiste, la barytine, la célestine, la calcite, etc., etc. Je vais citer ici seulement quelques exemples pour montrer exactement les irrégularités que je crois être dues à l'influence des courants de concentration. M. G. Wulff attribue, en effet, à ceux-ci la production des faces vicinales.

Quartz. — Les faces $e^{\frac{1}{2}}(22\bar{1})$ et p (100) présentent, indépendamment des figures de corrosion, plusieurs sortes de figures : 1° des figures avec un relief très faiblement accusé et très régu-

Fig. 6.

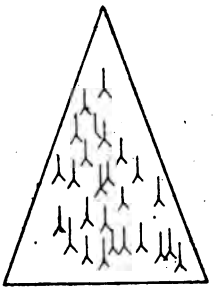
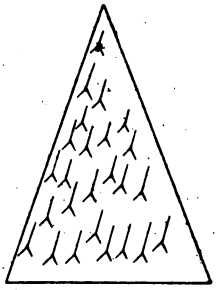


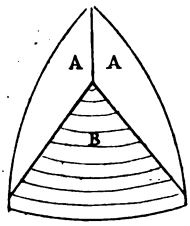
Fig. 7.



lières, dont les arêtes sont parallèles (*fig.* 6 et 7). Elles sont limitées par des facettes se coupant suivant les arêtes représentées sur les figures; la plus grande arête est tantôt verticale, tantôt presque parallèle à une arête $e^{\frac{1}{2}}p$; 2° des figures beaucoup plus grandes formées par des courbes concentriques plus ou moins régulières, couvrant toute la face, et variant d'une face à l'autre.

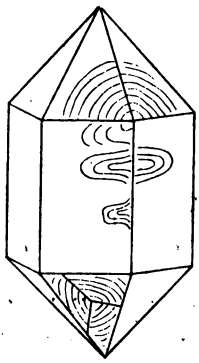
La figure 9, représentant les irrégularités des faces d'échantillons de Herkimer, montre bien comment s'est fait l'accroissement. La figure 8 représente une des petites figures en

Fig. 8.



relief des faces *p*. Des stries concentriques existent dans ce cas sur une des facettes seulement, mais sur d'autres échantillons j'ai observé quelquefois des lignes concentriques sur les trois petites faces.

Fig. 9.



Il n'y a pas de différence entre les irrégularités qui existent sur $e^{\frac{1}{2}}$ et sur *p* (*fig.* 9).

Sur les faces latérales e^2 $(11\bar{2})$ (*fig.* 9) le phénomène est le même.

Quelquefois on voit des figures en relief qui ont été aussi produites par des courants de concentration très petits par rapport au cristal.

L'améthyste de Salto (Uruguay) présente aussi beaucoup d'accidents semblables. Dans les échantillons de cette localité, comme dans ceux de Herkimer, on voit quelquefois que les couches se sont formées à partir d'un point situé sur l'arête d'un angle dièdre ou sur le sommet d'un angle trièdre.

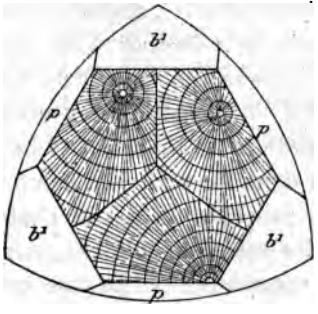
Lorsque le cristal s'est formé dans de meilleures conditions la limite de la couche est un plan cristallographique, le plus souvent e^2.

Fluorine. — La fluorine du Cumberland présente de beaux exemples de cet accroissement par couches.

La surface est recouverte de stries séparant des plans différents et étudiés par Scacchi (1).

Tourmaline. — Un échantillon de tourmaline venant des

Fig. 10.



États-Unis montre, sur sa base, trois points d'où est partie la

(1) Sacchi, *Sulla poliedria delle facce dei cristalli.* Turin, 1862.

matière pour former la face pendant la dernière période de formation du cristal. Il existe des lignes concentriques et des stries perpendiculaires à ces dernières. Chacun de ces points est le sommet d'un cône très aplati. Les autres faces du cristal b^1 et p présentent aussi des stries d'accroissement (*fig.* 10).

III. — Production des faces des cristaux.

La formation des faces d'un cristal est liée à beaucoup de conditions. En général, on n'est pas maître de modifier les formes, les causes qui président à leur existence étant inconnues. Quelques substances seulement présentent des faces différentes avec les milieux dans lesquels elles cristallisent. Il suffit, dans quelques cas, d'ajouter une matière étrangère à l'eau mère pour obtenir des formes nouvelles. On sait aussi que la vitesse de cristallisation a une grande influence sur les faces cristallines, et que, dans le cas où la production des cristaux est rapide, il se produit généralement une seule forme.

M. Lecoq de Boisbaudran (1), en partant de ce dernier fait, a esquissé une théorie de la formation des facettes secondaires. Avant lui, Lamé, dans sa théorie sur la formation des cristaux, s'est occupé de la formation des faces primitives et secondaires. Je rappelle ici la théorie de Lamé (2) parce qu'elle n'est pas signalée dans les manuels. Lamé l'a résumée ainsi : « Les lois de la propagation de la chaleur, et celles des vibrations, dans les cristaux solides, peuvent être étendues au liquide salin concentré, qui dépose ces cristaux, s'il se refroidit lentement, sans courant intérieur, et si les molé-

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIX, 1874, p. 806.
(2) Lamé, *Leçons sur la théorie analytique de la chaleur*, 1861, p. 304.

cules ne se déplacent que pour osciller autour de leurs positions d'équilibre. Dès l'abord ce liquide se partage en concamérations concordantes, par des vibrations qui y naissent ou qui lui sont communiquées. Il en résulte des volumes élémentaires polyédriques, de l'une des formes tournées, qui se solidifient progressivement, se refroidissent et finissent par se déposer sur la masse cristallisée à laquelle chacun donne une de ses faces.

Les théories de la formation des faces de Mallard, de Sohncke, de M. P. Curie, sont suffisamment connues pour qu'il soit inutile de les rappeler ici.

J'ai montré plus haut que, par une cristallisation rapide, et dans une grande quantité de liquide, les cristaux produits ont toujours une seule forme très simple, qui était celle obtenue d'une eau mère pure (nitrate de plomb, chlorure de sodium, chlorure de potassium, chlorure d'ammonium, etc.). L'analyse microchimique fournit aussi de nombreux exemples : chloroplatinate de potassium, alun de cœsium, etc., cristaux qui sont toujours formés rapidement.

Lorsque la cristallisation se ralentit, les angles et les arêtes sont remplacés par des tronçatures.

Je vais maintenant passer en revue les cas dans lesquels l'addition d'une substance étrangère provoque, pendant l'accroissement du cristal, la formation de faces particulières. Il y a deux cas à distinguer :

1° La substance n'agit que par sa présence, elle ne cristallise pas avec le corps qui change de forme;

2° La substance cristallise avec le corps.

Les premières modifications sont bien connues. C'est le cas de l'urée modifiant la forme des chlorures de sodium, de potassium et d'ammonium, de l'acide azotique modifiant celle du nitrate de plomb; je rappellerai cependant que j'ai établi

plus haut que ces substances étaient sans action dans le cas où la fonction des cristaux est rapide.

Les matières colorantes dérivées de l'aniline fournissent un moyen excellent pour étudier le second cas.

J'ai déjà montré [1] que le nitrate de plomb cristallisant avec le bleu de méthylène donne des cubes striés sur les faces, comme ceux de la *pyrite triglyphe*. Quelques cristaux portent des faces très étroites du dodécaèdre pentagonal dont les arêtes sont parallèles aux stries. J'ai montré que la quantité de bleu de méthylène était très faible, $\frac{1}{7000}$ environ. Elle varie dans certaines limites, mais elle a un maximum; le bleu cristallise à côté des cristaux de nitrate de plomb quand le liquide en contient plus qu'il n'en faut pour saturer ce corps. Un autre exemple est fourni par le nitrate d'urée.

Nitrate d'urée. — Le nitrate d'urée cristallise dans le système orthorhombique [2]; il présente les formes $p(001)$, $h^1(100)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $e^1(011)$. Les cristaux, se formant sur une lame de verre, sont aplatis suivants p de même que ceux qui sont obtenus d'une solution par précipitation rapide par l'acide azotique.

Les cristaux de nitrate d'urée exercent une certaine attraction pour le bleu de méthylène au point de décolorer complètement une solution de ce corps. Ceux qui sont obtenus d'une solution colorée par le bleu de méthylène offrent des formes beaucoup plus simples que ceux produits dans une eau pure. Ils sont colorés en bleu intense, sont prismatiques, souvent surmontés de pyramides très aplaties. Ils présentent les formes $p(001)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$. Si la quantité de bleu

---

(1) P. Gaubert, ce *Bull.*, t. XXIII, 1900, p. 210.
(2) O. Lang, *Wien. Akad. Ber.*, t. XLV, p. 118.

a été absorbée par les cristaux, l'évaporation continuant, le nitrate d'urée continue à se déposer, les formes existant habituellement reparaissent, de telle sorte que le cristal a un noyau bleu enveloppé par une couche incolore (*fig.* 11).

Ce même cristal, replongé dans une eau mère colorée en bleu, perd rapidement les faces e^1(011) mais conserve longtemps h^1(100) (*fig.* 12).

Fig. 11.

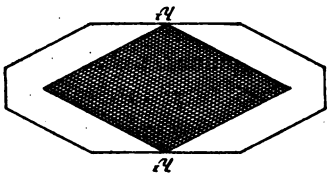
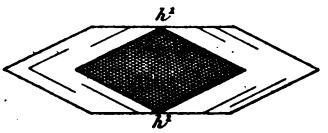


Fig. 12.



La quantité de bleu de méthylène atteint $\frac{1}{100}$ environ et elle ne paraît pas dépasser cette quantité. S'il y a trop de bleu de méthylène, celui-ci cristallise séparément. On voit que la quantité de matière étrangère est beaucoup plus grande que pour le nitrate de plomb.

Les propriétés optiques ne sont pas changées d'une façon appréciable. L'angle des axes pour le bleu ne subit pas de changement, mais les cristaux sont très polychroïques.

Pour des cristaux minces, observés au microscope on a :

Suivant n_g bleu foncé
» n_p bleu clair ou incolore.

La couleur rouge violacé du bleu de méthylène n'apparaît pas comme dans le gypse et dans le nitrate de plomb.

Le nitrate d'urée prend une belle couleur jaune avec la tétrazine; les cristaux ont des faces très brillantes alors qu'avec le bleu de méthylène elles sont mattes. Les cristaux ne sont pas polychroïques et ne changent pas de forme. Un

examen plus attentif montre que la tétrazine ne colore le nitrate d'urée qu'en colorant les inclusions d'eau mère; par conséquent le fait n'offre aucun intérêt pour ce présent travail.

Les cristaux obtenus d'une eau mère contenant du bleu de méthylène et de la tétrazine sont verdâtres, très brillants, allongés suivant l'axe *b* et aplatis suivant *p*(001); h^1(100) est très développé. Il semble que le bleu de méthylène devrait seul agir.

Gypse. — O. Maschke a fait des expériences, publiées par M. H. Vater [1] sur la coloration des cristaux de gypse par l'éosine et l'hématoxyline. Les cristaux formés présentent des formes simples g^1(010), *m*(110), (101). La matière colorante se dépose seulement sur les faces (101). Les cristaux présentent par conséquent la structure dite « en sablier ». L'auteur a constaté que les faces (101) sont d'autant plus développées qu'elles ont absorbé plus de matière colorante.

Le gypse se colore aussi par le bleu de méthylène, sans qu'il y ait changement de forme appréciable, mais les cristaux s'élargissent beaucoup dans le sens de l'axe *a*. Les cristaux sont polychroïques et l'on observe la teinte violacée qu'on voit dans le nitrate de plomb et qui est celle des cristaux de bleu de méthylène. On a :

Suivant n_p rouge violacé,
» n_g bleu,

Si le cristal est plus mince la couleur bleue seule est visible et suivant n_g le cristal est incolore.

---

[1] O. Maschke, *Mikroskopische Studien über die Krystallisation des Gypses* (*Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXX, 1980, p. 56).

Les expériences de M. Pelikan [1] sur la coloration du nitrate de strontiane à 5éq d'eau, par l'hématoxyline, montrent aussi la structure en sablier, et par conséquent que les différentes faces, comme dans le cas précédent, ne tolèrent pas également les matières étrangères, et que toute idée de combinaison de la substance colorante avec le corps qui cristallise doit être éliminée.

Quelques autres cas ont été cités par O. Lehmann et par Retgers. Mais comme des changements de forme n'ont pas été observés, je les laisse ici de côté.

Wulfénite. — Beaucoup de cristaux naturels sont colorés par des matières étrangères qui ne se déposent dans certains cas que sur certaines faces alors que les autres restent absolument incolores; j'ai cherché si l'on pouvait observer dans la nature des modifications de formes produites par ces matières. Je ne signalerai ici qu'un seul cas fourni par la wulfénite.

Les cristaux de wulfénite de l'Arizona sont colorés en rouge orange par un pigment qui est formé probablement par du chromate de plomb ou des produits de réduction de l'acide molybdique. La couleur est assez homogène, mais cependant des couches concentriques parallèles aux côtés des faces du prisme quadratique sont plus colorées que le reste du cristal. Sur les angles de ce dernier elles suivent les faces parallèles soit à une troncature a^1 ou à une troncature h^1, de telle sorte que le contour qu'elles forment est octogonal. Comme elles représentent la limite du cristal à une période de son développement, elles indiquent bien que celui-ci possédait à un moment donné les formes h^1 ou a^1 très développées, et comme il a pu absorber à ce moment une plus grande quantité de matière étrangère que d'habitude on peut dire

[1] Pelikan, *Tschermak's Mittheilungen*, t. XIII, 1893, p. 258.

que c'est à cette dernière qu'est due la formation de ces faces nouvelles. Le corps ayant diminué dans la dissolution, le cristal a repris son facies habituel.

Les cas que l'on vient de passer en revue mettent facilement en évidence le changement de forme sous l'action d'une matière étrangère cristallisant avec le corps, mais souvent cette influence est invisible lorsque la substance étrangère est incolore, car elle est en si faible quantité qu'il est difficile de savoir si la matière obtenue par l'analyse appartient aux inclusions d'eau mère ou à des inclusions identiques à celles qui existent dans le nitrate de plomb, le gypse, le nitrate d'urée.

La plupart des cristaux naturels colorés doivent leur coloration à un pigment qui ne présente aucune orientation cristallographique sur eux, et, dans ce cas, la forme n'est nullement modifiée. Ainsi, dans ses expériences sur la coloration artificielle des cristaux de sel marin par le carmin, M. Wyrouboff (1) n'a observé aucune modification de forme quand le cristal prenait la matière colorante.

Des faits qui précèdent il résulte que la forme cristalline dépend :

1° De la vitesse de cristallisation ;
2° De la présence de matières étrangères dans l'eau mère.

Celles-ci peuvent agir :

a. Par leur seule présence, et alors une assez grande quantité est nécessaire (urée) ;
b. En cristallisant avec la matière qui change de forme, et dans ce cas une quantité très faible est suffisante.

---

(1) Wyrouboff, *Bull. de la Société des Natur. de Moscou*, t. XXXIX, 1866, p. 150, et t. XL, 1867, p. 228.

La température a aussi une certaine action, mais celle-ci n'a pas été examinée ici. Cependant, il est probable qu'elle n'agit qu'indirectement en modifiant l'eau mère.

Quand un cristal se forme très rapidement il est limité par des formes simples, cube, octaèdre, tétraèdre, dodécaèdre rhomboïdal. Dans ce cas la présence de matières étrangères n'influence pas le cristal, de telle sorte que l'action de ces dernières paraît être beaucoup moins énergique que celle de la vitesse. Aussi les formes simples paraissent être fondamentales et n'être dues qu'à la cohésion, puisque le milieu ambiant n'agit point, et c'est aux faces qui prennent ainsi naissance que l'on peut appliquer la théorie de Mallard sur l'importance physique relative des diverses formes simples (*Traité de Cristallographie,* t. I, 1879, p. 298).

La forme fondamentale persiste tant que l'accroissement est rapide, tant qu'elle peut triompher des causes extérieures. Quand le dépôt de substance cristallisée est très lent, la nature de l'eau mère, la présence de matières étrangères exercent leur influence et peuvent fournir au cristal des formes particulières, formes qui montrent souvent la symétrie de la substance. Ainsi les cristaux d'alun, s'accroissant lentement en présence de l'acide chlorhydrique, montrent les faces hémiédriques comme l'a déjà observé Beudant. La tétartoédrie du nitrate de plomb, non indiquée sur les cristaux à croissance rapide, est mise en évidence sur les cristaux formés très lentement. On pourrait citer encore plusieurs exemples.

L'observation des faces se produisant par accroissement lent dans les conditions les plus variées, fournit des résultats de même nature, pour la détermination de la symétrie d'une substance, que l'examen des figures de corrosion.

M. Lecoq de Boisbaudran [1], dans son essai d'une théorie

---

[1] Lecoq de Boisbaudran, *loc. cit.*

de la formation des facettes secondaires des cristaux, admet que la liqueur étant fortement sursaturée, si un seul système de faces se produit c'est celui pour lequel l'accroissement est le plus rapide. Il fait surtout intervenir la sursaturation. La considération de cette dernière me paraît inutile, d'autant plus qu'il est probable qu'elle n'existe pas dans les solutions. En outre, dans les cas où les cristaux sont obtenus par précipitation, la sursaturation n'existe pas du tout, la substance se précipitant à mesure que les deux liquides se mélangent. Mais il est incontestable que les diverses faces subissent de la part du liquide des actions différentes et que, par conséquent, elles dépendent de ce dernier.

Les faces tronquent, à la fin de la cristallisation, les arêtes et les angles de la forme fondamentale, et, dans ce cas, les substances étrangères peuvent agir sur la forme du cristal. Il paraît y avoir alors l'entrée en jeu des actions capillaires, et il est probable que les théories de M. Curie (1) et de M. Brillouin (2) sont applicables. Il est, en effet, certain que la constante d'adhésion entre un liquide et une face varie avec la direction, comme le prouve l'expérience suivante :

Sur une lame de clivage de gypse bien fraîche et aussi régulière que possible, on pose une goutte d'alcool colorée par le bleu de méthylène et contenant en dissolution une faible quantité de substance pour rendre son contour plus visible. La goutte s'étend graduellement et finalement on a une ellipse dont le plus grand axe fait un angle de 17° environ avec l'axe vertical. La différence dans la valeur des deux axes ne dépasse guère $\frac{1}{15}$ (3). Ces expériences demandent beaucoup de précau-

(1) P. Curie, *Bull.*, t. VIII, 1885, p. 145.

(2) Brillouin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. VI, p. 540.

(3) Une Note sur les valeurs de la constante d'adhésion dans les différentes directions d'une face de clivage de gypse avec quelques liquides sera publiée dans un des prochains Bulletins.

tions pour éliminer les causes d'erreur relatives à l'imperfection des faces.

Les formes qui existent dans la période lente de cristallisation sont comparables à celles qui se produisent par dissolution. On sait que les faces limitant les figures de corrosion de la calcite varient avec la nature du liquide corrosif et avec la température. Dans ce cas il se produit aussi des faces indiquant la symétrie du cristal et en général avec des symboles très compliqués. Il est bien difficile dans beaucoup de cas de reconnaître si ces troncatures se sont développées par suite d'une dissolution lente du cristal ou d'un accroissement lent. Les cristaux d'alun de potasse et surtout d'alun de chrome, fournissent des faces de l'octaèdre pyramidé et du trapézoèdre qui peuvent être indistinctement produites par dissolution ou par accroissement.

IV. — Formation des macles.

Dans certains gisements on constate que beaucoup de minéraux présentent toujours la même macle, par conséquent les conditions de formation identique provoquent la formation du même groupement. Les macles existent-elles dès le début de la formation du cristal ou se forment-elles postérieurement? Les expériences suivantes vont nous donner quelques indications.

Les cristaux des chlorures de sodium, de potassium, de bromure de potassium, des nitrates de plomb, de baryte et de strontium, d'alun, de bromure de baryum, de gypse, etc., obtenus par précipitation rapide et dans une grande quantité de liquide, ne sont jamais maclés. Ce sont des cristaux simples parfaits avec ou sans inclusions suivant l'influence des courants de concentration qui ont présidé à leur accroissement, comme on l'a vu plus haut. L'addition de matières étrangères

à la solution n'a aucune action, comme l'avait pensé M. O. Lehmann (1), pour le chlorure de baryum dont les macles se seraient produites sous l'influence de la gomme ajoutée à la solution. M. O. Mügge (2) a montré que les macles se produisent sans cette intervention. Mais si le liquide ajouté donne naissance au mouvement brownien, des cristaux d'abord isolés peuvent se grouper par deux faces de même nature, c'est le cas de la macle des spinelles se produisant dans le nitrate de plomb (3). Les deux cristaux se disposent de façon à avoir la même orientation ou bien l'un tourne par rapport à l'autre de 120°. Si l'on examine un lot de spinelles, on trouve qu'il existe autant de cristaux d'une catégorie que de l'autre.

Chlorure de sodium et urée ($NaCl + Az^2C^4H^8O^2 + 2H^2O$). — Ce composé s'obtient facilement en faisant cristalliser sur une lame de verre une solution contenant du chlorure de sodium et de l'urée. Il a été décrit par Werther (4) qui l'a considéré comme appartenant au système monoclinique. Rammelsberg (5) fait remarquer que la substance pourrait bien appartenir au système orthorhombique, les angles étant très voisins de ceux de ce dernier. Les macles observées dans ce corps montrent bien qu'il en est ainsi.

Les cristaux se formant rapidement sur une lame de verre, sur laquelle se trouve peu de liquide, sont en lames très minces et maclés. Ceux qui se forment les premiers ne sont

---

(1) O. Lehmann, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, p. 486.

(2) O. Mügge, *Neues Jahrb. f. Min.*, t. I, 1888, p. 131, et 1890, t. II, p. 141.

(3) P. Gaubert, ce *Bulletin*, t. XIX, 1896, p. 431.

(4) Werther, *Jour. f. prakt. Chemie*, t. XXXV, 1845, p. 62.

(5) Rammelsberg, *Handbuch der kryst.-phys. chemie*, t. II, *Organische Verbindungen*, 1882, p. 309.

libres qu'à une de leurs extrémités, sont maclés suivant *m*(110) et sont très allongés suivant l'arête *pm* (001)(110). Deux individus seulement peuvent être maclés, mais généralement il y en a un plus grand nombre. La macle ressemble à première vue à celle de l'albite dans les feldspaths (*fig.* 13, 14).

Fig. 13.

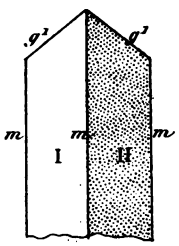
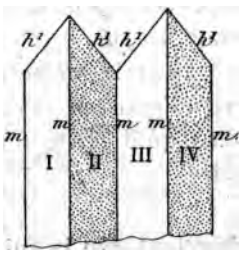


Fig. 14.



La cristallisation devenant plus lente, les cristaux sont isolés et dans ce cas ils sont encore maclés, mais pas toujours.

Fig. 15.

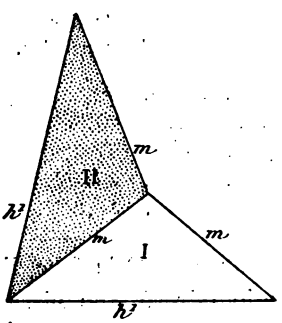
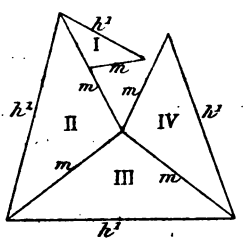


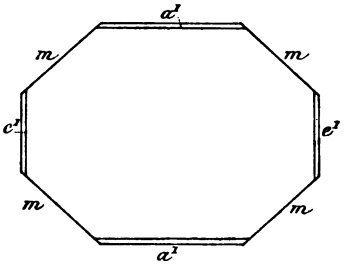
Fig. 16.



Des macles peuvent être formées de deux, trois, quatre individus, dont le nombre de faces est quelquefois très réduit (*fig.* 15, 16).

Les cristaux se produisant quand le liquide est tout à fait au repos, ce qui arrive presque toujours à la fin de la cristallisation, sont simples (*fig.* 17).

Fig. 17.



En admettant que la substance soit monoclinique, comme le pensait Werther, il est difficile d'interpréter les macles; aussi, j'ai préparé des cristaux pour mesurer les angles. Malheureusement, je les ai toujours obtenus avec des faces ne donnant pas de très bonnes images, cependant suffisantes pour déterminer la symétrie.

	Angles des normales.
pa^1 (001) (101)	72°
pe^{1*} (001) (011)	69.30′
mm^* (110) ($\bar{1}$10)	77
me^1 (110) (011)	47.30′
ma^1 (110) (101)	41.30′

Par conséquent, si l'on prend pour *p* (001) la face d'aplatissement, qui est aussi perpendiculaire à une bissectrice aiguë, négative, les cristaux sont maclés suivant les faces *m* (110) (*a* et *i* de Werther) comme dans l'aragonite. La correspondance entre la nouvelle notation et celle de Werther est indiquée par le Tableau suivant :

Notation de Werther.	Nouvelle notation.
Monoclinique.	Orthorhombique.
g^1	$p(001)$
i^1	$m(110)$
a^1	$m(110)$
e^1	$a^1(101)$
m	$e^1(011)$

Le rapport des axes devient alors

$$a : b : c = 0,7955 : 1 : 2,6800.$$

Les cristaux maclés sont limités extérieurement tantôt par h^1 (*fig.* 14, 15, 16), tantôt par g^1 (*fig.* 13). L'extinction se faisant suivant ces deux directions, la mesure de l'angle d'extinction permet de déterminer cette dernière.

J'ai cherché à déterminer quelles sont les conditions qui président à la formation de ces macles. Tous les cristaux maclés isolés (*fig.* 15 et 16) le sont, en général, dès le début de leur formation, du moins au moment où ils deviennent visibles au microscope; il en est de même de ceux qui sont fixés par une de leurs extrémités (*fig.* 13 et 14). Cependant, en examinant l'accroissement d'un grand nombre de cristaux, on peut voir apparaître des parties dont les molécules sont orientées symétriquement au cristal primitif par rapport à la face *m*. Ainsi le cristal I de la figure 16 s'est formé après II, III, IV, qui se sont produits simultanément.

En brisant avec une aiguille très fine les lamelles, ce qui est facile, car elles sont très fragiles, il se produit de nombreux fragments appartenant à un, à deux et même à trois ou quatre cristaux maclés. Ceux qui appartiennent à un seul cristal, continuant à s'accroître, prennent la forme géométrique correspondant à leur symétrie, et restent, en général, simples. Aussi, si l'on veut obtenir sûrement des cristaux non maclés, il suffit de prendre comme noyau un de ces petits

fragments et de les mettre dans une eau mère saturée. Naturellement, tant que le cristal est très petit, il ne doit pas être plongé dans une grande quantité d'eau mère, car, sous l'influence de la moindre élévation de température, il se dissoudrait complètement.

Les fragments formés de deux ou d'un plus grand nombre de cristaux reprennent aussi leur forme géométrique, chaque cristal entrant dans la composition de la macle reprenant, dans ses parties libres, ses faces naturelles. Très rarement, des individus nouveaux apparaissent et, dans les cas où il s'en produit, l'eau mère contient des matières étrangères en suspension ou encore l'accroissement est très rapide. J'ai eu l'occasion de voir seulement la production de huit macles, bien que j'aie examiné l'accroissement de plus de trois cents cristaux. Sur ces huit cas, j'ai observé trois fois qu'un corps étranger, ayant dans une expérience $\frac{1}{100}$ de millimètre de diamètre environ, se trouvait au point où s'étaient déposées les premières molécules cristallines du cristal ayant une position symétrique de celles du premier. A la suite de cette observation, j'ai mis, sur la lame de verre où se produit le sel, de la poudre très fine de quartz. J'ai ensuite brisé des cristaux de façon à avoir dans le champ du microscope un grand nombre de noyaux en voie d'accroissement. Dans deux cas seulement, sur cent trente, j'ai trouvé qu'un grain de quartz, en gênant le dépôt des molécules cristallines, pourrait avoir provoqué une orientation nouvelle symétrique.

Le chlorure de baryum fournit aussi d'excellents matériaux pour l'étude des macles.

Chlorure de baryum. — Comme l'a démontré M. Wyrouboff [1], cette substance est monoclinique et les cristaux pré-

[1] Wyrouboff, *Bull.*, t. IX, 1886, p. 262.

sentent des macles suivant h^1 et p^1 et sont formés de cristaux groupés suivant la face d'aplatissement g^1. M. O. Mügge a observé que les macles se produisent mécaniquement suivant p^1 et h^1.

Les cristaux qui se forment sur les bords de la goutte et qui n'ont, par conséquent, qu'une extrémité libre, sont, en général, toujours maclés. De ceux qui se forment librement au milieu de la goutte, la plupart sont aussi groupés quand leur formation est rapide. Les derniers qui apparaissent à la période où la cristallisation est très lente sont, en général, simples. Ces cristaux simples se produisent aussi en abondance si la liqueur contient de l'acide chlorhydrique qui diminue beaucoup la solubilité de la substance, comme l'avait indiqué M. Wyrouboff.

Les cristaux de chlorure de baryum se maclant sous l'influence d'une action mécanique, une substance étrangère devrait provoquer la formation de macles. J'ai par conséquent répété, pour ce corps, les mêmes expériences qui ont été faites avec le sel et urée. Les cristaux étant aussi en lames très minces se brisent facilement et fournissent des noyaux favorables pour l'étude de l'accroissement. En général, les fragments formés d'un seul individu donnent des cristaux simples si l'accroissement est lent. Sur 92 cristaux dont j'ai suivi le développement, deux seulement ont donné des macles. Par un accroissement rapide, le nombre de cristaux maclés est plus grand (huit sur soixante). L'addition de poudre quartzeuse ne m'a pas fourni de résultats précis. La formation de macles pendant l'accroissement a été bien constatée, mais le nombre n'est pas plus grand qu'en l'absence des particules de quartz.

Le cristal s'accroissant sous l'influence d'un courant de concentration comme l'on a indiqué plus haut, l'attraction à distance que le cristal peut exercer sur les molécules cristallines de la solution paraît ne pas s'étendre très loin et il semble que

c'est lorsque la molécule se trouve en contact avec le cristal qu'elle s'oriente sur ce dernier. Cette idée est combattue par M. Beckenkamp qui pense que l'action du cristal sur la molécule agit à une certaine distance. C'est ce que croyait Lavalle qui admettait que l'influence s'étendait à tout le liquide. S'il en est ainsi les bandes maclées doivent avoir toujours une certaine épaisseur, c'est-à-dire être formées au moins d'un nombre déterminé de rangées de molécules. En outre, l'épaisseur minimum doit être variable, suivant la substance. Un très grand nombre d'observations serait nécessaire. En général les bandes de macle de l'albite dans les divers feldspaths, celles que j'ai observées dans le chlorure de baryum, l'urée et le chlorure de sodium, ont toujours une certaine dimension et elles paraissent avoir un minimum d'épaisseur.

Bien que, dans les cas cités plus haut, l'action d'un corps solide paraisse intervenir dans la formation des macles, le fait n'est pas suffisamment établi ; les fragments de quartz n'ont peut-être aucune action dans cette production. Mais il est certain qu'en général les macles existent dès le début de l'apparition du cristal et qu'elles ne se produisent que lorsque le cristal se forme rapidement et que la quantité de liquide par rapport à la matière qui se dépose est faible.

V. — Limite d'accroissement des cristaux.

Les premiers cristaux obtenus d'une solution semblent présenter, lorsqu'ils ont atteint une certaine grosseur, un arrêt dans leur développement. Alors, de nouveaux cristaux, en général plus transparents que les précédents, apparaissent. Retgers [1] a admis qu'à un moment donné, la surface du cristal subissait une modification particulière, qu'elle était

---

[1] Retgers, *Zeitsch. f. phys. Chemie*, t. IX, 1892, p. 278.

« fatiguée ». M. G. Wulff (1) a donné l'interprétation exacte du phénomène en attribuant l'arrêt du développement à la disparition des courants. Sur une lame de verre, le phénomène est très facile à observer. Si une solution saturée d'alun ou de nitrate de plomb, etc., à la température de 50° environ, est refroidie assez lentement, les premiers cristaux formés sont en petit nombre et s'accroissent très rapidement.

Quand la lame est à la température ordinaire, les courants qui existaient pendant le refroidissement ne sont plus visibles, et, entre les cristaux déjà formés, il s'en produit de nouveaux (cristaux de deuxième formation) dont le nombre dépend du coefficient de diffusion. Les gros cristaux contribuent, dans une certaine mesure, à arrêter les mouvements du liquide.

En employant une solution de chlorure de baryum, on remarque qu'en général les cristaux de deuxième formation ne sont pas maclés. Le même fait est observé pour le chlorure de sodium et urée.

Les premiers cristaux formés partagent la goutte qui est sur la lame en plusieurs parties, en arrêtant les premiers courants. Dans chaque partie, il peut exister encore des courants, et les cristaux de deuxième formation peuvent n'être pas dus à la diffusion seule. Chaque division du liquide peut présenter des phénomènes différents au point de vue de ces courants. Dans quelques-unes, il se forme des cristaux de troisième formation entre ceux de deuxième et plus petits que ces derniers. On peut obtenir encore d'autres cristaux en employant un cristallisoir dans lequel le liquide a une faible épaisseur.

Les gros cristaux continuent à s'accroître; mais, comme leur surface par rapport à ceux des petits est très grande, leur

(1) G. Wulff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXIV, 1901, p. 462.

accroissement n'est pas visible. Cependant, les mesures faites au microscope indiquent bien que le cristal n'a nullement perdu son activité.

Les gros cristaux étant formés, si le refroidissement ou l'évaporation sont suffisamment lents pour que la diffusion ait le temps de se faire, il ne se produit plus de nouveaux cristaux, toute la substance cristalline se portant sur les premiers formés.

Les cristaux formés en dernier lieu sont plus riches en faces que les autres; le fait est très facile à voir avec les nitrates de baryte et de plomb.

Minéraux nouveaux.

Zéophyllite. — Ce minéral forme des masses radiées sur du basalte ou sur des cristaux de mésotype. A l'extérieur de ces masses, les cristaux s'individualisent et montrent des faces à leur extrémité libre. Ils sont rhomboédriques, se maclent suivant la base, sont transparents et presque incolores. L'éclat est vitreux. La dureté est de 3 environ et la densité 2,764.

L'acide chlorhydrique produit de belles figures de corrosion qui montrent que les cristaux peuvent être tétartoèdres.

L'indice de réfraction est de 1,5 pour le rayon ordinaire.

En lumière parallèle, les lamelles de clivage, observées au microscope montrent une partie centrale en général toujours éteinte, enveloppée de plages biréfringentes n'ayant pas la même orientation optique. Au centre, la lame est uniaxe et biaxe dans les parties polarisant la lumière. L'angle des axes varie de 12° à 27°, 30. On a $\rho < v$. Les parties biaxes deviennent

graduellement uniaxes si on les chauffe à la flamme d'un bec Bunsen et reprennent leur état primitif par refroidissement.

L'auteur conclut de ce dernier fait que la zéophyllite a dû se former à une température élevée puisque ses propriétés sont alors en concordance avec la symétrie cristallographique. Il discute ensuite l'origine des zéolithes et adopte les idées de Knop et de Weinschenk, qui admettent que la formation des zéolithes est d'autant plus rapide que la température est plus élevée, surtout en présence de l'eau surchauffée, comme on peut la supposer dans les grandes profondeurs de l'écorce terrestre ou dans les cavités, remplies de vapeur, existant dans les nappes de lave sous-marines.

La composition, d'après les analyses faites par M. Zdarek, est la suivante :

SiO^2	38,84	37,67
Al^2O^3	1,73	»
Fe^2O^3	0,10	»
MgO	0,17	»
CaO	44,32	46,82
Na^2O	0,38	»
K^2O	0,24	»
H^2O	8,98	7,52
F	8,23	7,99
Moins O	3.47	»
	99,52	

représentés par la formule brute $Si^3O^{11}Ca^4H^4F^2$. La zéophyllite peut être rapprochée de l'apophyllite (A. Pelikan, *Sitz. d. Ak. d. Wiss. in Wien,* t. CXI, 1902, p. 236).

Kœnenite. — La kœnenite se trouve dans les gisements salifères des mines de Justus I près de Volpriehansen (Solling). Elle est dans les fentes des argiles salifères permiennes, associée au sel gemme, à l'anhydrite et à la carnallite.

La couleur est celle de la carnallite rouge; elle est due à des inclusions de fer oligiste. La kœnenite se distingue facilement de la carnallite par son clivage micacé. Dans les incrustations, qui sont fréquentes, les éléments cristallins sont orientés de façon que le clivage soit à peu près perpendiculaire à la surface de la croûte. Les lames de clivage atteignent 1cm de diamètre. Elles sont flexibles, se froissent comme du cuir mou, et l'on peut, de nouveau, leur faire reprendre la forme primitive. La densité est 1,98. Les cristaux appartiennent au système rhomboédrique. Les lames de clivage examinées au microscope montrent que le minéral est uniaxe et positif.

La composition chimique, d'après les analyses de Sundmacher et Buchholtz, est la suivante :

	I. Calculé d'après $Al^2O^3, 3MgO$ $2MgCl^2, 8H^2O$. — Pour 100.	II. Calculé d'après $Al^2O^3, 3MgO$ $2MgCl^2, 6H^2O$. — Pour 100.	III. Analyse de M. Sundmacher. — Pour 100.	IV. Analyse de M. Buchholtz. — Pour 100.
Al^2O^3...	18,34	19,58	17,79	18,25
MgO...	21,58	23,20	21,10	23,44
$MgCl^2$..	34,18	36,50	35,70	36,85
H^2O....	25,90	20,72	25,41	21,46

La kœnenite est décomposée par l'eau. Au bout d'un grand nombre d'heures (80 par exemple) on obtient un produit dépourvu de chlore. Les propriétés optiques présentent aussi un fait particulier. Les lamelles de clivage chauffées pendant 14 heures conservent leur forme, restent uniaxes, mais deviennent négatives. Au bout de 100 heures d'ébullition, les mêmes lamelles persistent et sont alors formées seulement par $Al^2O^3.2H^2O$. Elles sont uniaxes et positives comme la kœnenite avant sa décomposition.

Le minéral a été dédié à M. v. Kœnen, qui a remarqué les premiers échantillons (F. Rinne, *Cent. f. Min.*, 1902, p. 493).

Arsensulfurite. — Ce minéral, trouvé par M. Rinne au volcan Papandajan, non loin de Garut (Java), forme des croûtes minces et de couleur brunâtre sur une andésite rugueuse. Il est amorphe, cassant et possède une dureté de 2,5.

L'analyse faite par M. Y. Buchholtz a donné les résultats suivants :

S, 70,78; As, 29,22.

Le minéral est un mélange de soufre et d'arsenic. Il est insoluble dans le sulfure de carbone. On peut le reproduire facilement en dissolvant de l'arsenic dans du soufre en fusion. L'auteur propose de donner le nom de sulfurite au soufre amorphe (F. Rinne, *Centr. f. Min.*, 1902, p. 499).

Mooraboolite. — Minéral incolore formant des agrégats radiés dans les cavités d'un basalte décomposé près de Maude, dans la vallée Moorabool, Victoria, et considéré autrefois comme de l'aragonite. Sa densité est de 2,167 à 2,17 et sa dureté 6. Les cristaux sont en prismes rhombiques allongés et terminés par une pyramide aplatie. Il n'y a pas de clivage apparent.

L'analyse, exécutée par M. E.-O. Thiele, a donné les résultats suivants :

SiO^2, 48,024; Al^2O^3, 28,684; CaO, 0,42; Na^2O, 11,239; K^2O, 3,001; H^2O, 9,8. — Total = 101,68.

Les caractères physiques et la composition chimique indiquent que ce minéral est une zéolite voisine de la mésotype (G.-B. Pritchard, *Victoria Naturalist*, t. XVIII, 1901, p. 63-65, d'après *Journ. of Chem. Soc. Londres*, nov. 1902, p. 612).

Natrojarosite. — Variété de jarosite provenant de la partie est de Soda-Springs Valley, sur la route de Sodaville à Vulcan Copper Mine. Elle est constituée par une poudre brillante formée de petits cristaux rhomboédriques aplatis suivant la base. Les plus gros cristaux atteignent $0^{mm},15$ de large sur $0^{mm},025$ d'épaisseur. Malgré la petitesse des cristaux les faces donnent de bonnes images à l'exception de la base. On observe les formes a^1 (0001), très développé, p ($\bar{1}101$), e^5 ($\bar{2}021$).

L'angle a^1p (0001) ($10\bar{1}1$) est égal à 51°53′, ce qui conduit au rapport des axes $a:c = 1:1,104$.

Les cristaux sont uniaxes et la double réfraction est négative comme dans la jarosite.

L'analyse a conduit aux résultats suivants:

Fe^2O^3	50,98	0,319	3,29
Na^2O	6,03	0,094	1,01
K^2O	0,35	0,004	
SO^3	30,96	0,387	4
H^2O au-dessous de 105°	0,12	»	»
H^2O au-dessus de 105°	11,03	0,613	6,33
As^2O^5	0,20	»	»
SiO^2	0,23	»	»
CaO	0,04	»	»
Total	99,94		

qui peuvent être représentés par la formule

$$Na^2Fe^6(OH)^{12}(SO^4)^4.$$

(W.-F. Hillebrand et S.-L. Penfield, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXVI, p. 545, 1902).

Plumbojarosite. — Cette substance a été trouvée à Cook's Peak, New-Mexico, et forme comme la natrojarosite une poudre cristalline brillante. Les cristaux très petits sont aplatis suivant la base a^1 (0001). Ils présentent les formes a^1p et e^4 ($02\bar{2}1$).

La base est souvent une face vicinale. La mesure des angles a donné $(\bar{2}\bar{2}01):(0221)=109°20'$, $(0001):(10\bar{1}1)=54°32'$. En se servant de la valeur on arrive au rapport $a:c=1,216$. Les propriétés optiques sont identiques à celle de la jarosite.

La composition moyenne est la suivante :

Fe^2O^3.....	42,37	0,265	3,15
Al^2O^3?.....	0,10	0,001	
PbO.....	19,84	0,089	1,05
SO^3.....	27,06	0,338	4
H^2O.....	9,54	0,530	6,27

répondant à la formule $PbFe^6(OH)^{12}(SO^4)^4$.

Les rapports cristallographiques entre l'alunite, la jarosite, la natrojarosite et la plumbojarosite, sont résumés dans le Tableau suivant :

	$a:c$.	pp.	$a'p$.	Double réfraction.
Alunite.....	1,252	90°.50'	55°.19'⅔	positive
Jarosite.....	1,245	90.45	55.16	négative
Natrojarosite.....	1,104	85.54	51.53	négative
Plumbojarosite....	1,216	89.42	54.32	négative

On voit que la substitution du sodium au potassium amène une variation plus grande dans la valeur des angles que le remplacement du potassium par le plomb (W.-F. Hillebrand et S.-L. Penfield, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXVI, p. 548).

Histrixite. — Ce minéral se présente en cristaux orthorhombiques formant des masses radiées et striés longitudinalement. Ils sont légèrement sectiles et leur dureté est de 2. L'éclat est métallique, la couleur est gris d'acier. La moyenne des deux analyses est la suivante :

S, 23,53; Bi, 56; Sb, 9,70; Cu, 6,49; Fe, 5,31. — Total, 101.03.

Les résultats sont représentés par la formule

$$7\,Bi^2S^3,\ 2\,Sb^2S^3,\ 5\,CuFeS^2.$$

(W.-F. Petterd, *John Vail. gov. Printer, Tasmania* et *Am. J. of. S.*, vol. XIV, décembre 1902, p. 466.)

Petterdite. — Cette nouvelle espèce est en minces lames hexagonales, se trouve à Lechan (Tasmanie). Les cristaux ont une cassure irrégulière, sont ternes, ont une dureté de 1,5 à 2 et une densité de 7,16. L'analyse faite par M. O.-E. White a donné les résultats suivants :

PbO, 74,04; As^2O^5, 2,60; P^2O^7, 2,10; Sb^2O^5, 0,50; Cl, 20. — Total, 99,24.

(W.-H. Twelvetrees, *Ibid.*)

Melanochalcite. — Le minéral est en nodules de couleur noire; dont la dureté est de 4 environ et la densité de 4,141. Des fragments très minces, examinés au microscope, ne polarisent pas la lumière, par conséquent le minéral est cubique ou amorphe. La composition est la suivante :

CuO, 76,88; SiO^2, 7,80; CO^2, 7,17; H^2O, 7,71; ZnO, 0,41; Fe^2O^3, 0,07, — Total, 100,04.

La formule $Cu^2(Si, C)O^4.\ Cu(HO)$ représente ces résultats. Dans le tube fermé, la substance dégage de l'eau et CO^2 et prend encore une couleur plus foncée.

La melanochalcite a été trouvée dans des mines de cuivre près de Bisbee, Arizona. (G.-A. Koenig, *Amer. Journ. of. Sc.*, 4e série, vol. XIV, déc. 1902, p. 404.)

Keweenawite. — Minéral ressemblant à la niccolite et se présentant en masse très finement granulaire. La dureté est de 4

et la densité de 7,681. Une des analyses a donné les résultats suivants :

As, 36,96; Cu, 39,12; Ni, 17,96; Co, 0,94; quartz, 4,98. — Total, 99,96,

conduisant à la formule $(Cu, Ni, CO)^2 As$.

La keweenawite a été trouvée dans la mine Mohawk, Keweenaw Co., Michigan. (G.-A. Koenig, *Ibid.*, p. 410.)

Compte rendu des publications étrangères.

C. Viola. — Contribution à la symétrie du gypse (*Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXV, p. 223).

Des cristaux de Romagne et de Cetine (Toscane) ont été étudiés. Quelques-uns présentaient de belles figures de corrosion naturelles, les autres ont été corrodés par une solution de chlorure de baryum. Il résulte des observations de ces figures naturelles et artificielles, obtenues sur des faces perpendiculaires à $g^1(010)$, que ce plan n'est pas un plan de symétrie; les figures produites sur $d^{\frac{1}{2}}(111)$ et $(1\bar{1}1)$ sont symétriquement développées par rapport à $g^1(010)$, si l'on ne tient pas compte des stries fines, parallèles à $(1\bar{2}0)$ et qui ne se trouvent que sur $(1\bar{1}1)$. On peut encore à cause des figures asymétriques considérer le plan $g^1(010)$ comme un plan de macle.

Les faces courbes des cristaux sont indépendantes d'un changement dans l'homogénéité, car elles se produisent là où les clivages restent parfaitement plans.

Ch.-O. Trechmann. — Sur un gisement de beaux cristaux de pseudo-gaylussite (*Ibid.*, t. XXXV, p. 283.)

Les cristaux ont été dragués dans la Clyde près de Cardross, vis-à-vis Greenock. Ils sont rougeâtres, opaques et atteignent 20cm de long sur 3cm de large. Leur composition est la suivante :

$Ca^3(PO^4)^2$, 5,52; $CaCO^3$, 83,52; $MgCO^3$, 9,03. — Total, 98,07.

Au microscope, la calcite se reconnaît facilement et forme la plus grande partie de la masse.

L'auteur admet que ces cristaux sont des pseudomorphoses de gaylussite.

H. Rösler. — Sur la hussakite et sur quelques minéraux rares des roches (*Ibid.*, t. XXXVII, p. 258).

Les propriétés optiques de la hussakite sont assez voisines de celles du zircon. L'indice moyen de réfraction est très élevé dans les deux minéraux : 1,987 dans le zircon et 1,768 dans la hussakite. Ils sont tous les deux peu colorés, optiquement positifs, mais chez la hussakite la biréfringence est beaucoup plus élevée (0,095) que chez le zircon (0,060), de telle sorte que dans les plaques, en lumière polarisée, les cristaux de hussakite présentent le blanc d'ordre supérieur et, dans les mêmes conditions, le zircon donne des teintes colorées.

La hussakite, en l'absence de ces caractères optiques, se distingue facilement en faisant un essai de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique.

La hussakite a été rencontrée dans un grand nombre de gisements kaolinifères provenant de la décomposition des roches granulitiques et parmi lesquels se trouve celui de Saint-Yrieix.

La dumortiérite, qui n'avait été rencontrée que dans le

gneiss à cordiérite de Twedestrans, par MM. Michel Lévy et Lacroix, se trouve aussi dans les gisements kaolinifères.

L'anatase, le chrysobéryl, la monazite, la staurotide, l'andalousite ont été aussi étudiés dans plusieurs gisements semblables aux précédents.

K. Zimanyi.—Communications minéralogiques (*Ibid.*, p. 252).

Cérusite et pyromorphite de Tarkaicza. — Les cristaux de cérusite présentent les formes suivantes : $h^1(100)$, $g^1(010)$, $p(001)$, $m(110)$, $g^2(130)$, $e^2(012)$, $e^1(011)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$, $e^{\frac{1}{3}}(031)$, $e^{\frac{1}{5}}(041)$, $e^{\frac{1}{5}}(0\bar{5}1)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^1(112)$. Ils sont souvent maclés suivant $m(110)$ et sont en général petits et avec des faces brillantes. La pyromorphite a une couleur jaune verdâtre, comme celle de Dognacska. Ses cristaux atteignent $1^{mm},5$ et n'ont que les formes $p(0001)$ et $m(10\bar{1}0)$.

Apophyllite et calcite de Rézbanya. — La forme et la couleur des cristaux sont celles de l'apophyllite de Seisser Alp (Tyrol). Les formes observées sont $p(001)$, $h^1(100)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $h^2(310)$.

Les cristaux de calcite présentent les formes $d^1(10\bar{1}0)$, dominante, $(10\bar{1}1)$, $(40\bar{4}1)$ et $(01\bar{1}2)$.

Ch. Palache. — Sur l'épidote de l'Alaska. (*Ibid.*, p. 433.)

Le gisement se trouve près de Sulzer, Prince of Wales Island, Alaska, dans le voisinage d'un filon de cuivre. L'épidote est associée à du grenat, de l'albite, de la magnétite et du quartz. La roche principale de la contrée est du calcaire, coupé par de nombreux filons; aussi l'épidote doit être considérée comme un minéral de contact, de même que le minerai de cuivre.

Les gros cristaux sont tabulaires, ont jusqu'à $5^{cm},5$ de long sur 3^{cm} d'épaisseur. Les cristaux, assez riches en faces, ont $h^1(100)$ comme face dominante. Deux formes nouvelles ont été constatées $(\bar{5}44)$ $(\bar{7}55)$.

Les cristaux qui ont été mesurés avec le goniomètre de M. Goldschmidt peuvent se placer, par leur taille, leur beauté et leur richesse en faces, immédiatement après ceux de Knappenwand (Salzbourg).

J.-E. Wolff et Ch. Palache. — Sur l'apatite de Minot, Maine (*Ibid.*, p. 438).

Les cristaux d'apatite, qui se trouvent dans les cavités d'une pegmatite contenant de la lépidolite, sont en prismes bien formés, ayant habituellement 1^{cm} de hauteur sur $0^{cm},5$ de large, mais ils peuvent atteindre 3^{cm} de diamètre. Ils sont assez riches en faces, et de couleur violette. La densité est de 3,159.

La mesure des angles a conduit au rapport des axes

$$a : c = 1 : 0,7348.$$

Les indices de réfraction, obtenus par la méthode du réfractomètre de Abbe, sont les suivants :

$\omega_{Na} = 1,63353$ $\omega - \varepsilon = 0,00191$ $\omega_{Li} = 1,63067$ $\omega - \varepsilon = 0,00202$
$\varepsilon_{Na} = 1,63162$ $\varepsilon_{Li} = 1,62865$

Le même cristal, chauffé à 320°, a donné

$$\omega_{Na} = 1,63346 \qquad \varepsilon_{Na} = 1,63165 \qquad \omega - \varepsilon = 0,00181.$$

Le pléochroïsme est intense. Le cristal est rouge violacé parallèlement à l'axe c et bleu violacé perpendiculairement à cette direction.

Les plaques taillées perpendiculairement à l'axe montrent, en lumière convergente, une division en six secteurs sem-

blables à celle que Mallard a observée sur l'apatite de Schlaggenwald. Les plaques sont biaxes, et l'angle des axes optiques 2E atteint 20°.

La composition est représentée d'une manière satisfaisante par la formule $Ca^5F(PO^4)^3$ correspondant à $Ca^5P^3(F.OH)OH$.

Il est à remarquer que, dans cette apatite, le rapport des axes est plus grand, et la biréfringence plus faible que dans les autres.

A. Pelikan. — Contribution à la connaissance des zéolithes de la Bohême (*Sitz. d. Akad. der Wiss. in Wien*, Bd. CXI, Abth. I, avril 1902, p. 334).

L'auteur décrit les gisements de Gross-Priesen situé à l'ouest de Aussig et au nord de Leitmeritz. Les zéolithes se trouvent dans les cavités d'un basalte feldspathique. On y rencontre la zéophyllite, qui est une zéolithe nouvelle, l'apophyllite, la mésotype et l'analcime; en outre de la calcite en rhomboèdre et probablement un nouveau minéral blanc, très dense, ayant l'apparence de la porcelaine.

Les cristaux de mésotype, mesurés avec le goniomètre à deux cercles de M. Goldschmidt, ont donné des mesures correspondant aux rapports suivants :

$$a : b : c = 0,98042 : 1 : 0,34985.$$

La mesure de l'angle des axes optiques a fourni les résultats suivants : $2E_{Li} = 96°13'$ et $2E_{Na} = 97°26'$. L'auteur donne ensuite des mesures relatives aux indices de réfraction, faites par la méthode du prisme.

Les zéolithes de Kahlenberg au sud de Jukuben sont aussi décrites.

K. Busz. — Communications sur la manganosphœrite, le

soufre, la brookite, l'augite et la pyrite. (*Neues Jahrb. f. Min.*, t. II, 1901, p. 129.)

La manganosphœrite a été décrite au Tome XXV, p. 171 de ce *Bulletin*.

Le soufre de Girgenti présente les deux macles (**101**), (**011**) associées sur le même cristal, mais la plupart du temps la première macle existe seule.

Des cristaux de brookite paraissent à première vue hémimorphes par suite du grand développement des faces de la pyramide à l'une des extrémités seulement, mais les figures de corrosion symétriques obtenues sur h^1(**100**) indiquent qu'il n'en est rien.

Un cristal d'augite du lac de Laach, montrant les faces (**100**), (**010**), (**110**), ($\bar{1}$**11**), ($\bar{1}$**01**), (**111**) a offert la face nouvelle H(**431**).

Sur un échantillon de pyrite de Muso (Colombie), l'auteur a trouvé la face nouvelle (**11.3.3**).

C.-W. Dixon. — Sur l'état du nickel dans la pyrite nickelifère de Sudbury (Canada) (*Oesterr. Z. Berg. Hütt.*, t. L, p. 506).

La pyrrhotine a été purifiée autant que possible en séparant les parties non magnétiques. Après ce triage le contenu en nickel tombe de 4-5 pour 100 à 0,68-1,20 pour 100. Par conséquent, la plus grande partie du nickel ne se trouve pas dans la pyrrhotine, mais il provient d'un autre minéral qui est probablement la pentlandite (Ni, Fe)S.

Alb. Vesterberg. — Études chimiques sur la dolomie et la magnésite (*Bull. of. the Geal, Inst. of the Univ. of Upsala*).

L'auteur donne les résultats des analyses d'un grand

nombre de dolomies en gros cristaux et de dolomies en roche. Ce travail contient un historique assez étendu de la question.

H. Traube. — Sur la reproduction artificielle des minéraux par sublimation (*Cent. f. Min.*, 1901, p. 709).

L'auteur a employé le four électrique de C.-H. Timme et a obtenu cristallisés les tungstates et molybdates de cérium, de didyme, de lanthane, de calcium, de plomb; le sulfate de baryum et des mélanges de ces sels. Les tungstates et les molybdates étaient obtenus à l'état amorphe par précipitation de chlorures ou d'azotates avec le tungstate de soude Na^2WO^4. A un mélange de 2 parties de NaCl et 1 partie de KCl sont ensuite ajoutées 8 à 10 parties de ces tungstates ou molybdates amorphes et chauffées vers 1400°. Par sublimation il se produit de petits cristaux de ces dernières substances. Les cristaux sont quelquefois colorés et la coloration est probablement due à une petite quantité d'oxyde provenant de la réduction de acides tungstique ou molybdique. La coloration ne peut être attribuée à du chrome puisque ce dernier n'a pas été introduit dans les produits soumis aux expériences, ni à des matières organiques dont l'existence est incompatible avec la haute température à laquelle se sont formés les cristaux.

F. Rinne. — Autunite et ses produits de déshydratation (méta-autunite) (*Ibid.*, 1901, p. 679).

Des Cloizeaux a observé que l'angle des axes optiques diminue avec la température et qu'un peu au-dessus de 100° elle est presque uniaxe. M. Rinne a trouvé que, déjà à 75°, $2E = 0°$.

Une lame mince d'uranite, chauffée lentement, pâlit déjà à 50° et les teintes de polarisation ont presque totalement disparu à 75°. Une plaque épaisse au contraire, chauffée dans

les mêmes conditions, polarise encore la lumière, ce qui explique les résultats obtenus par Des Cloizeaux qui a constaté que l'angle des axes optiques avait encore une certaine valeur à 91°.

La lame mince, étant chauffée au-dessus de 75°, vers 85°, change brusquement et il se produit des bandes biréfringentes perpendiculaires les unes aux autres et parallèles aux pinacoïdes. Elles sont biaxes et montrent une bissectrice négative. A mesure que la température s'élève, les bandes deviennent plus nombreuses. Leur ensemble donne la même apparence que celle d'une lame de microcline. Souvent on obtient des taches irrégulières. L'auteur appelle cette deuxième forme méta-autunite.

H. Warth. — La formation de l'aragonite dans les solutions aqueuses (*Cent. für. Min.*, 1902, p. 492).

L'auteur montre que l'aragonite ne se forme pas sous l'influence de la chaleur mais dans des solutions alcalines.

F. Zambonini. — Notice sur la guarinite (*Cent. f. Min.*, 1902, p. 524).

L'auteur étudie des échantillons provenant de la collection de Sella. De ses mesures il tire, pour la valeur des axes,

$$a:b:c = 0,99268:1:0,37008.$$

Le clivage, imparfait, est parallèle à $h^1(100)$. La densité est de 2,9 environ. La guarinite doit être rapprochée de la danburite. Les propriétés optiques et cristallographiques de ces deux minéraux concordent parfaitement.

W. Meigen. — Contribution à la connaissance du carbonate

de chaux (*Berichte der Naturf. Gesellschaft z. Freiburg i. Br.*, Bd. XIII, p. 40, juin 1902).

Les recherches faites sur la précipitation du carbonate de chaux d'une solution de chlorure de calcium au moyen du carbonate neutre de soude ont donné les résultats suivants :

1° A une basse température il se produit des cristaux d'aragonite formant des agrégats sphériques ; à chaud les cristaux sont toujours en aiguilles.

2° L'aragonite se forme d'autant plus rapidement que la solution est plus alcaline. Un excès de chlorure de calcium peut dans quelques cas empêcher la formation de l'aragonite.

3° Par dilution à froid, l'action d'un excès de carbonate de soude, aussi bien qu'un excès de chlorure de calcium, est affaiblie ; à chaud, la formation de l'aragonite a toujours lieu.

L'aragonite sphérolitique, obtenue à froid, se transforme en moins de 24 heures en calcite si elle reste dans l'eau mère. Au contraire l'aragonite en aiguilles, obtenue à chaud, reste assez stable dans les mêmes conditions. Elle se transforme d'autant plus facilement en calcite que l'eau mère contient plus de chlorure de calcium.

La précipitation par le bicarbonate de sodium a fourni les résultats suivants :

1° A chaud il se produit des aiguilles d'aragonite, à froid il se forme d'autant plus de calcite que la solution est plus diluée.

2° L'aragonite, précipitée à froid, se transforme bientôt en calcite ; celle qui est obtenue à chaud se modifie d'autant plus rapidement que la quantité de chlorure de calcium dissoute dans l'eau mère est plus grande.

La précipitation avec le carbonate d'ammoniaque des solutions concentrées de chlorure de calcium donne, à froid, de l'aragonite en sphérolites et, à chaud, seulement de la calcite.

Avec les solutions diluées, il se sépare à froid de la calcite et à chaud il se produit en outre de l'aragonite.

L'auteur étudie ensuite l'influence du carbonate de chaux sur les solutions des métaux lourds, recherches qui lui ont permis de trouver une réaction facile pour distinguer l'aragonite de la calcite (voir ce *Bull.*, t. XXIV, p. 371), et finalement il examine la forme sous laquelle se trouve le carbonate de chaux dans un grand nombre d'espèces végétales (algues) et animales. D'après Rose le squelette calcique des algues est formé par de la calcite. M. Meigen a trouvé que l'aragonite existe aussi dans les algues chlorophycées.

Les parties calcaires sont différentes dans les espèces animales, mais en général elles sont de même nature dans la même classe. Chez les mammifères, les éponges, les alcyonaires, les annélides, les échinodernes, les bryozoaires, les brachiopodes, les crustacés, les parties calcaires sont de la calcite; chez les hydroméduses, les zoanthaires, les lamellibranches, les gastéropodes, la coquille est formée par de l'aragonite. L'œuf des oiseaux est constitué par de la calcite. Les coquilles des mollusques sont quelquefois formées par de la calcite à l'extérieur et de l'aragonite à l'intérieur.

Le Secrétaire, gérant :
PAUL GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1902. — BULLETIN N° 8.

Séance du 11 décembre 1902.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. le PRÉSIDENT annonce trois présentations.

M. PAVOT présente quelques observations sur le gisement de la staurotide en Bretagne.

M. VERNEUIL expose le résultat de ses recherches sur les rubis de fusion. Il met sous les yeux de la Société des échantillons taillés, d'une belle teinte rouge, et sans bulles.

On sait que tous les rubis de fusion obtenus jusqu'ici contenaient des bulles qui permettaient, dans une certaine mesure, de les distinguer des rubis naturels.

M. le PRÉSIDENT fait part du deuil qui frappe la Société de Minéralogie dans la personne de M. Hautefeuille, décédé le 8 décembre. Une Notice nécrologique sera publiée prochainement dans le *Bulletin*. M. le Président lève la séance en signe de deuil.

Les analyses en bloc et leur interprétation;

Par M. F. Fouqué.

Les analyses en bloc des roches éruptives jouissent depuis quelques années d'une grande faveur parmi les pétrographes. Non seulement on a continué à les utiliser comme autrefois afin de faire, pour ainsi dire, l'inventaire chimique des matériaux du globe terrestre qui nous sont accessibles, mais on a cru trouver dans ce procédé, appliqué particulièrement aux roches éruptives, un moyen de connaître la nature de la matière fondue sous-jacente à l'écorce terrestre, au moins dans ses parties les plus externes, et d'en suivre l'évolution et les variations de composition jusqu'au moment où elle arrive à la consolidation. En un mot, on a tenté d'obtenir ainsi des données géogéniques nouvelles permettant d'échapper aux hypothèses trop souvent gratuites de la Géologie. Enfin, comme conséquence, on a espéré trouver dans les résultats de ces analyses une base logique de classification des roches, fondée sur des considérations génétiques. Je n'ai jamais complètement partagé ces illusions [1] et généralement, quand j'ai opéré des analyses en bloc de roches volcaniques, je l'ai fait dans un but limité de recherches d'histoire naturelle. C'est probablement à ces tendances modestes qu'il est bon de s'arrêter encore dans la plupart des cas, sans avoir la prétention de résoudre définitivement les graves problèmes que soulève la genèse

---

[1] *Voir* mon Ouvrage B intitulé : *Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques,* extrait du *Bulletin de la Société française de Minéralogie.* t. XVII, 1894, p. 283.

des roches, car des objections sérieuses s'élèvent aussitôt que l'on veut généraliser les faits constatés et amplifier les déductions auxquelles on a été conduit par l'expérimentation. Il y a lieu cependant de chercher s'il ne serait pas possible d'en tirer quelque parti pratique dans certains cas particulièrement favorables.

Quand une roche est holocristalline et qu'on a procédé, à part et avant tout, à l'analyse de chacuu des éléments qui la constituent, on peut, de l'analyse en bloc, déduire la connaissance de sa composition minéralogique quantitative, notion qui, évidemment, n'est nullement négligeable. Mais si la condition préalable indiquée ci-dessus n'est pas remplie, il faut bien avouer que l'on n'arrive qu'à des résultats controversables, lors même que le microscope a révélé la nature des éléments constitutifs du mélange minéral étudié.

L'incertitude provient de ce que, dans un même minéral, la composition chimique est souvent susceptible de varier dans des limites étendues par suite de substitutions isomorphiques et aussi par l'effet d'altérations secondaires de caractères et d'intensités divers, quelquefois des plus compliquées. Ces modifications du type normal peuvent ainsi se trouver assez profondes pour troubler de fond en comble les données de l'observation et conduire, si l'on n'en tient pas compte, à de grossières erreurs. Mais lors même que les minéraux intégrants ont été tout d'abord cristallographiquement et chimiquement déterminés et que la roche peut être considérée comme parfaitement connue au point de vue de sa composition quantitative par suite de l'analyse en bloc, on n'est pas pour cela nécessairement dans tous les cas beaucoup plus avancé dans l'acquisition de données précises sur sa genèse.

Il est peu de roches holocristallines qui n'appartiennent à la catégorie des types dits *plutoniques,* types caractérisés pour

la plupart par la présence de cristaux que l'on ne rencontre guère parmi les substances minérales provenant du fonctionnement des volcans de l'époque actuelle. Les roches volcaniques sont essentiellement formées par voie de fusion ignée. Les minéraux des roches plutoniques se rattachent au contraire intimement aux produits cristallisés par voie aqueuse dans les filons concrétionnés.

Assurément les produits transportés par voie de volatilisation ou de dissolution souvent très loin de leur point d'origine, ne manquent pas entièrement dans les évents volcaniques, ils jouent même souvent un rôle mécanique des plus importants, mais leur rôle chimique est ordinairement très subordonné. Dans les dépôts pierreux provenant des éruptions leur présence est parfois à peine manifeste.

Au contraire, dans les roches plutoniques la fréquence et quelquefois même la prédominance très prononcée du quartz de la muscovite, de la tourmaline, de la fluorine, etc. excluent toute idée d'une production immédiate aux dépens d'un magma fondu générateur et montrent que la nature s'est servie comme agent principal et parfois unique d'un mode d'opérer absolument différent. Si les roches en question émanent primordialement d'un magma silicaté en fusion au sein duquel leurs éléments ont temporairement subsisté sous l'influence d'une pression considérable, elles ne s'y rattachent que de loin; elles en ont été, pour ainsi dire, extraites puis transportées plus ou moins loin par l'action des minéralisateurs; elles ont ainsi perdu l'empreinte de leur premier mode de gisement et acquis des caractères propres essentiellement différents de ceux que possédait leur matrice originelle. Elles en sont aussi éloignées que des produits de volatilisation, de décantation ou de cristallisation au sortir d'une dissolution aqueuse peuvent l'être de leur récipient primitif. Imaginer

que ces roches résultent directement d'une simple différenciation cristalline d'un magma fondu me semble donc opposé aux observations les mieux établies et aux données les mieux acquises de l'expérimentation. Si donc on veut arriver à comprendre leur genèse, c'est dans une tout autre voie que la fusion ignée qu'il faut chercher; elles sont trop différentes de la matière initiale dont on les suppose provenir pour que, dans leur état actuel, l'analyse en bloc puisse permettre de déterminer sûrement la composition de leur magma générateur et le lien qui, antérieurement, a pu les unir avec lui.

Il est d'autant plus chimérique de chercher à rattacher les roches plutoniques à des magmas fondus déterminés que ces roches, depuis leur consolidation, ont été le plus souvent soumises à des actions métamorphiques intenses qui en ont profondément modifié la composition première. Ainsi, les considérations théoriques auxquelles pourrait conduire l'application de l'analyse en bloc sont dans ce cas dépourvues de toute autorité; les travaux chimiques, toujours pénibles et délicats, dont les roches en question sont l'objet n'ont aucune valeur au point de vue génétique.

Les réflexions décourageantes qui viennent d'être exposées ne s'appliquent aucunement à l'étude des roches dites *volcaniques*. Celles-ci se forment sous nos yeux dans la nature, nous les voyons engendrées directement par voie ignée, et l'on peut aisément, dans les laboratoires, reproduire la plupart d'entre elles par fusion de leurs éléments chimiques et refroidissement convenablement gradué. La liaison entre la roche consolidée et le magma fondu dont elle provient peut être suivie pas à pas. Les modifications produites par la cristallisation ne changent guère la composition du tout. Les différenciations qui se manifestent ne s'opèrent qu'à de courtes distances. C'est au moins la conclusion à laquelle on est con-

duit par l'expérimentation et aussi par l'observation des données géologiques, si l'on se contente de comparer la composition des roches volcaniques avec celle du magma fondu qui leur donne immédiatement naissance ([1]).

Pour tous ceux qui admettent les considérations présentées ci-dessus, l'emploi des analyses en bloc se trouve par conséquent justifié dans ce cas, comme moyen d'investigation de la matière fondue qui remplit les foyers éruptifs profonds.

Il est évident toutefois qu'il faut éviter de soumettre à l'analyse une roche volcanique qui, sous l'influence des agents atmosphériques, aurait subi des actions secondaires notables, mais ce cas est facile à reconnaître et par suite à éviter. Même recommandation pour les roches chargées d'enclaves ou endomorphisées à la suite de phénomènes de contact.

Cependant une objection spécieuse peut être adressée à l'analyse en bloc des roches volcaniques, objection tirée de la présence habituelle d'une matière vitreuse dans la plupart d'entre elles. En effet, il en est peu qui soient franchement et sûrement holocristallines. Le cas le plus fréquent est celui dans lequel les cristaux intégrants sont cimentés par de la matière vitreuse en proportions très diverses. Les roches d'une même éruption offrent souvent des types très vitreux, dans lesquels les cristaux bien individualisés sont clairsemés et quelquefois même font entièrement défaut, et en même temps, d'autres types où les cristaux sont plus ou moins prédominants. Les analyses en bloc auxquelles on les soumet montrent souvent qu'à ces différences minéralogiques si

---

([1]) Je me réserve à la fin de cette Note de combattre l'opinion des pétrographes qui admettent l'homogénéité primordiale du globe terrestre sous la forme d'un amas fondu, suivie d'une série de différenciations grandioses qui auraient donné naissance à la multiplicité et à la diversité des roches éruptives.

considérables ne correspondent que des variations chimiques de médiocre importance. Le résultat est le même que si l'opération s'était faite en vase clos et lorsque, dans le cours d'une même éruption, on constate simultanément l'existence de produits de compositions très différentes, les observations géologiques donnent presque toujours facilement l'explication de ces anomalies apparentes.

En résumé, l'analyse en bloc s'applique avec grand avantage à l'étude des roches volcaniques. Elle permet d'en déterminer dans chaque cas la composition minéralogique quantitative, si l'on a pu la faire précéder d'analyses partielles appliquées à chacun des éléments constitutifs isolés. La matière vitreuse n'a pas une composition définie ni rigoureusement fixe, mais on peut néanmoins, dans un échantillon donné de médiocre volume, la considérer comme identique à elle-même en tous ses points, la traiter comme un corps à composition uniforme et, au point de vue quantitatif, la soumettre aux mêmes considérations que les minéraux cristallisés.

On peut encore aller plus loin en faisant, sur la composition des silicates fondus ou sur celle des verres résultant de leur solidification rapide, deux hypothèses qui n'ont rien d'invraisemblable et qui facilitent singulièrement l'interprétation des données de l'analyse en bloc.

La première consiste à considérer les silicates fondus comme des dissolutions ignées dont les éléments dépourvus de réseau moléculaire régulier ont cependant chacun une individualité propre et une composition définie (noyaux du professeur Rosenbusch), quelquefois même sont un assemblage géométrique d'atomes ou même de sous-molécules.

La seconde consiste à admettre en outre que les noyaux ainsi constitués ont la même composition que les minéraux cristallisés qui existent normalement dans la roche consolidée

ou que l'on peut y faire naître expérimentalement par fusion et recuit prolongé (1).

Ces hypothèses ne sont pas nouvelles; elles sont acceptées plus ou moins explicitement par tous les pétrographes et ont servi de base à des travaux remarquables publiés par les principaux d'entre eux. Elles ont surtout le mérite de simplifier le travail chimique et d'en éviter la partie la plus pénible.

Enfin, pour faciliter l'interprétation des analyses en bloc, je crois qu'il faut encore admettre comme démontrée l'exactitude absolue de la loi de Tschermak sur la constitution des feldspaths et la tendance chimique des alcalis, de l'alumine et de la chaux à se porter de préférence du côté des noyaux feldspathiques et celle du protoxyde de fer et de la magnésie à se porter au contraire du côté des noyaux mélanocrates.

Tout cela constitue, il est vrai, un échafaudage d'hypothèses assez compliqué que l'on est volontiers tenté de rejeter à priori à cause de sa complication même. Cependant il faut reconnaître que chacune des pièces qui le constitue est basée sur des observations positives ou au moins appuyée dans la plupart des cas sur des vraisemblances sérieuses (2).

Le travail qui suit a pour objet de soumettre à un nouveau contrôle les idées qui viennent d'être exposées et de rechercher s'il en ressort quelque conclusion utile et pratique (3). Parmi les analyses dont les résultats numériques sont consignés ci après et soumis à la discussion, les unes ont été

---

(1) Cette hypothèse ne serait aucunement admissible si on voulait l'appliquer à des roches plutoniques ou même à des roches volcaniques formées dans des conditions différentes des conditions normales.

(2) L'interprétation des analyses se fait en calculant la proportion des feldspaths alcalins d'après celle des alcalis, la proportion de l'anorthite d'après celle de la chaux ou de l'alumine, suivant qu'il y a excès du second ou du premier de ces deux minéraux, la proportion de la magnétite d'après celle du sesquioxyde de fer trouvé, etc. Les minéraux accessoires sont considérés comme étant en quantité négligeable.

(3) Il permet dans les cas étudiés de se faire une idée assez exacte de la proportion relative des éléments feldspathiques des deux temps de consolidation en même temps que de leur composition chimique particulière.

récemment effectuées dans le laboratoire du Collège de France; les autres sont empruntées à mon Ouvrage sur Santorin et datent par conséquent d'une époque déjà ancienne. Elles appartiennent à deux séries : celle de l'archipel de Santorin et celle du massif volcanique du Cantal.

Roches de l'archipel de Santorin.

Le groupe de roches de Santorin, le plus étendu et de beaucoup le plus important, est celui qui a formé les kaménis du centre de la baie et la majeure partie des îles du pourtour. Les produits qui le composent sont liés les uns aux autres par des passages nombreux et appartiennent à deux types distincts, l'un acide, que j'ai désigné jadis sous le nom d'*andésite à labrador* (laves à labrador), l'autre basique, que j'ai appelé *labradorite à anorthite* (laves à anorthite). Effectivement, dans les laves du premier type, les phéno-cristaux du feldspath sont principalement du labrador; et, dans celles du second, ce sont de l'anorthite ou de la bytownite. Les microlites du premier groupe appartiennent aux représentants les plus riches en silice de la famille des feldspaths, tandis que ceux du second doivent être rapportés au labrador ou, au plus, à l'andésine.

On trouve en outre à Santorin, dans la partie méridionale de la grande île de Thera, une autre catégorie de roches volcaniques très différentes de celles-ci et remarquable par son acidité. Elle se compose d'andésites à hornblende souvent silicifiées et de dacites plus au moins vitreuses.

Les andésites à labrador constituent le groupe auquel Becke a donné plus tard le nom de *santorinites*.

Quant aux labradorites à anorthite, le même auteur ayant étudié des roches analogues recueillies dans l'île d'Alboran, près des côtes d'Espagne, elles ont reçu de lui le nom d'*alboranites*. L'hypersthène, fréquente dans les roches de l'île d'Al-

boran, est plus rare à Santorin, où elle est souvent remplacée par de l'olivine, surtout dans les types basiques. Elle fait défaut dans les dacites et dans les andésites à hornblende [1].

SANTORINITES DES KAMÉNIS.

Lave des îles de Mai [2].

Cette lave microlitique très vitreuse, noire, parsemée de phéno-cristaux de labrador visibles à l'œil nu, est apparue à la surface de la mer par suite de l'épanchement d'une coulée sous-marine. Son éruption date du mois de mai 1866. Compacte à son origine, elle s'est fendillée dans tous les sens au bout de quelques jours par suite d'un phénomène de retrait.

			Quotients moléculaires.	
Silice	66,40	65,65	109,42	72,09
Acide titanique	non dosé	»	»	»
Alumine	19,05	18,81	18,44	12,15
Fe^2O^3	1,20	1,19	0,74	0,49
FeO	4,15	4,11	5,71	3,76
CaO	3,40	3,36	6,00	3,95
MgO	1,20	1,19	2,98	1,96
Na^2O	4,50	4,45	7,18	4,73
K^2O	1,25	1,24	1,32	0,87
	101,15	100,00	151,79	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	33,60	44,80
	alumine	5,60	
	alcalis	5,60	

[1] *Voir,* pour la description de ces différentes roches, mon Ouvrage A sur Santorin et ses éruptions.

[2] Page 72 de l'Ouvrage A et planches XVI, XVII et XVIII du même Ouvrage.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Anorthite	silice	7,90	15,80
	alumine	3,95	
	chaux	3,95	
Magnétite			0,98
Métasilicates	si icc	5,23	10,46
	magnésie	1,96	
	FeO	3,27	
Silice libre			25,36
Alumine libre (2)			2,60

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^3An^1.

Bombe de la première période de l'éruption de 1866. — L'échantillon analysé provient d'un gros bloc tombé en 1866 sur la chapelle orthodoxe de Nea Kaméni, dont elle a défoncé le toit (1). C'est une roche grise, poreuse, avec écorce vert foncé, fendillée par retrait.

			Quotients moléculaires.	
Silice	67,6	67,19	111,98	72,90
Alumine	16,5	16,40	16,08	10,47
Fe^2O^3	1,6	1,59	0,99	0,65
FeO	3,4	3,38	4,69	3,06
CaO	2,6	2,59	4,63	3,01
MgO	2,2	2,19	5,48	3,56
Na^2O	4,9	4,87	7,86	5,11
K^2O	1,8	1,79	1,91	1,24
	100,6	100,00	153,62	100,00

L'acide titanique n'a pas été dosé. Perte au feu, 0,7.

(1) Cette analyse, ainsi que les trois suivantes, a été effectuée par M. Arsandaux, lequel a fait ressortir les conséquences à tirer de la teneur élevée en potasse constatée. Voir *Bull. Soc. fr. de Min.*, t. XXIV, 1901, p. 466.

(2) L'alumine indiquée comme libre dans les analyses interprétées est peut-être engagée dans la composition des métasilicates.

Interpretation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	38,10	50,80
	alumine	6,35	
	alcalis	6,35	
Anorthite	silice	6,02	12,04
	alumine	3,01	
	chaux	3,01	
Magnétite			1,30
Métasilicates	silice	5,97	11,94
	magnésie	3,56	
	FeO	2,41	
Silice libre			22,81
Alumine libre			1,11

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^1.

Bombe de la période moyenne de l'éruption. — Cette bombe provient d'une explosion survenue en avril 1867. Elle offre les mêmes caractères que la précédente; elle est seulement un peu plus foncée et plus dense.

			Quotients moléculaires.	
Silice	66,0	65,47	109,12	71,95
Alumine	18,0	17,96	17,61	11,61
Fe^2O^3	1,2	1,19	0,74	0,49
FeO	2,9	2,88	4,00	2,64
CaO	2,2	2,18	3,89	2,57
MgO	2,2	2,18	5,45	3,59
Na^2O	4,0	3,97	6,40	4,22
K^2O	4,2	4,17	4,44	2,93
	100,8	100,00	151,65	100,00

Perte au feu : 0.7.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	42,90	57,20
	alumine	7,15	
	alcalis	7,15	
Anorthite	silice	5,14	10,28
	alumine	2,57	
	chaux	2,57	
Magnétite			0,98
Métasilicates	silice	5,74	11,48
	magnésie	3,59	
	FeO	2,15	
Silice libre			18,17
Alumine libre			1,89

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^6An^1 et Ab^5An^1.

Bombe de la fin de l'éruption, projetée à la fin de l'année 1868 *et recueillie en* 1875 (1). — Roche gris clair avec écorce vert clair, largement crevassée à sa surface par suite de phénomènes de retrait. Partie centrale poreuse, partie périphérique compacte. Toutes ces bombes sont essentiellement vitreuses; les phéno-cristaux y sont rares. On y trouve du labrador, de l'augite, de l'hypersthène, de la magnétite très clairsemés, des microlites de feldspath à très petits angles d'extinction, allongés suivant pg^1 (001) (010).

(1) Mémoire de M. Arsandaux cité, p. 467.

Partie centrale.

			Quotients moléculaires.	
Silice	67,3	67,03	111,72	73,00
Alumine	17,2	17,13	16,79	10,97
Fe^2O^3	1,4	1,39	0,87	0,57
FeO	3,2	3,19	4,43	2,90
CaO	2,5	2,49	4,45	2,91
MgO	2,0	2,00	5,00	3,26
Na^2O	4,7	4,68	7,55	4,94
K^2O	2,1	2,09	2,23	1,45
	100,4	100,00	153,03	100,00

Perte au feu : 1,1.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	38,34	51,12
	alumine	6,39	
	alcalis	6,39	
Anorthite	silice	5,82	11,64
	alumine	2,91	
	chaux	2,91	
Magnétite			1,14
Métasilicates	silice	5,59	11,18
	magnésie	3,26	
	FeO	2,33	
Silice libre			23,25
Alumine libre			1,67

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^5An^1 et Ab^4An^1.

Partie corticale de la même bombe.

			Quotients moléculaires.	
Silice	66,1	66,23	110,39	72,28
Alumine	17,6	17,64	17,29	11,32
Fe^2O^3	1,7	1,70	1,06	0,70
FeO	3,7	3,71	5,15	3,38
CaO	3,1	3,11	5,55	3,64
MgO	2,1	2,11	5,28	3,45
Na^2O	3,9	3,90	6,29	4,12
K^2O	1,6	1,60	1,70	1,11
	99,8	100,00	152,71	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	31,38	41,84
	alumine	5,23	
	alcalis	5,23	
Anorthite	silice	7,28	14,56
	alumine	3,64	
	chaux	3,64	
Magnétite			1,40
Métasilicates	silice	6,13	12,26
	magnésie	3,45	
	FeO	2,68	
Silice libre			27,49
Alumine libre			2,45

Perte au feu : 0,9.

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^3An^1.

Partie corticale d'une autre bombe de même provenance.

			Quotients moléculaires.	
Silice	65,42	65,15	108,54	71,95
Acide titanique	0,26	»	»	»
Alumine	20,61	20,52	20,12	13,34
Fe^2O^3	1,45	1,44	0,90	0,60
FeO	2,40	2,39	3,32	2,20
CaO	3,43	3,42	6,11	4,05
MgO	1,04	1,04	2,60	1,72
Na^2O	5,19	5,16	8,32	5,52
K^2O	0,88	0,88	0,94	0,62
	100,68	100,00	150,85	100,00

Poids spécifique : 2,496. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,003.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	36,84	49,12
	alumine	6,14	
	alcalis	6,14	
Anorthite	silice	8,10	16,20
	alumine	4,05	
	chaux	4,05	
Magnétite			1,20
Métasilicates	silice	3,32	6,64
	magnésie	1,72	
	FeO	1,60	
Silice libre			23,69
Alumine libre			3,15

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^3An^1.

Il existe entre la composition des différentes bombes du même centre éruptif, même entre celles de la même période, et aussi entre la partie centrale et la partie corticale d'une même bombe, des différences intéressantes sûrement constatées.

Lave de Micra Kaméni (1).

Cette roche d'un gris foncé, poreuse, très scoriacée comme la plupart des laves des Kaménis, est une andésite à labrador, augite et hypersthène à microlites doués de très petits angles d'extinction; elle peut être considérée comme représentant le type normal des santorinites. Elle offre cependant cette particularité de présenter çà et là, malgré son acidité, quelques cristaux d'olivine très clairsemés, souvent visibles à l'œil nu. On ne s'étonne guère ordinairement de voir un minéral tel que la magnétite, dont les éléments ont une grande tendance à s'unir à la silice à haute température, engendré néanmoins par cristallisation au sein d'un magma volcanique acide en fusion, mais la cristallisation de l'olivine dans de pareilles conditions ne laisse pas de surprendre. Cependant c'est un fait qui a été bien des fois constaté, et, dans les expériences de reproduction artificielle des roches, on peut même, en modifiant convenablement la température et la durée du recuit, en provoquer plus ou moins la formation, ce qui d'ailleurs montre bien que la composition des noyaux d'un magma silicaté fondu n'est pas rigoureusement invariable.

			Quotients moléculaires.	
Silice	65,97	63,59	109,32	72,67
Acide titanique	0,47	»	»	»
Alumine	19,70	19,59	19,20	12,76
Fe^2O^3	2,00	1,99	1,24	0,83
FeO	2,67	2,65	3,68	2,45
CaO	2,68	2,66	4,75	3,16
MgO	1,05	1,04	2,60	1,72
Na^2O	5,04	5,02	8,10	5,38
K^2O	1,47	1,46	1,55	1,03
	101,05	100,00	150,44	100,00

Poids spécifique : 2,577. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,06.

(1) *Voir* Planches diverses de l'Ouvrage A, notamment les Planches XII, XIII, XIV, XXIV et XXIX.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	38,46	51,28
	alumine	6,41	
	alcalis	6,41	
Anorthite	silice	6,32	12,64
	alumine	3,16	
	chaux	3,16	
Magnétite			1,63
Métasilicates	silice	3,34	6,68
	magnésie	1,72	
	FeO	1,62	
Silice libre			24,55
Alumine libre			3,19

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^1. L'analyse en bloc ne révèle pas la présence de l'olivine, probablement à cause de la faible proportion de ce minéral.

Lave du sommet de Palæa Kaméni (1).

Cette roche offre les mêmes caractères minéralogiques que la précédente. C'est aussi une santorinite, c'est-à-dire une andésite à labrador et hypersthène à magma du second temps de consolidation microlitique et acide.

---

(1) *Voir* Planches diverses de l'Ouvrage A, notamment les Planches XXIV, XXV, XXVI et XXVII.

			Quotients moléculaires.	
Silice	64,32	64,25	107,08	70,94
Acide titanique	0,69	»	»	»
Alumine	21,11	21,09	20,68	13,69
Fe^2O^3	0,56	0,56	0,35	0,23
FeO	4,09	4,08	5,67	3,76
CaO	2,39	2,39	4,27	2,82
MgO	1,37	1,37	3,42	2,26
Na^2O	5,20	5,19	8,37	5,55
K^2O	1,07	1,07	1,14	0,75
	100,80	100,00	150,98	100,00

Poids spécifique : 2,581.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	37,80	50,40
	alumine	6,30	
	alcalis	6,30	
Anorthite	silice	5,64	11,28
	alumine	2,82	
	chaux	2,82	
Magnétite			0,46
Métasilicates	silice	5,79	11,58
	magnésie	2,26	
	FeO	3,53	
Silice libre			21,71
Alumine libre			4,57

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^3An^1 et Ab^4An^1.

Lave du haut plateau de Palœa Kaméni.

L'échantillon analysé provient de la coulée qui recouvre le plateau supérieur de Palœa Kaméni. Il a été recueilli près

du bord de l'escarpement que forme la coulée sur le côté oriental de l'îlot. La roche appartient au même type que la précédente; elle présente seulement une fluidalité plus marquée.

			Quotients moléculaires.	
Silice	64,97	64,73	107,88	70,87
Acide titanique	0,16	»	»	»
Alumine	19,52	19,46	19,08	12,53
Fe^2O^3	0,95	0,95	0,59	0,39
FeO	3,05	3,04	4,22	2,78
CaO	4,61	4,60	8,21	5,39
MgO	1,26	1,26	3,15	2,06
Na^2O	5,04	5,03	8,11	5,33
K^2O	0,93	0,93	0,99	0,65
	100,49	100,00	152,23	100,00

Poids spécifique : 2,553. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,17.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	35,88	47,74
	alumine	5,98	
	alcalis	5,98	
Anorthite	silice	10,78	21,56
	alumine	5,39	
	chaux	5,39	
Magnétite			0,78
Métasilicates	silice	4,15	8,90
	magnésie	2,06	
	FeO	2,39	
Silice libre			19,76
Alumine libre			1,16

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^2An^1.

Lave d'une coulée à l'est et à la base de Palœa Kaméni.

Cette coulée limite au nord l'anse de Saint-Nicolas. Elle est constituée par une roche noire, très scoriacée, remarquablement fraîche. C'est une santorinite typique. Fluidalité très prononcée.

			Quotients moléculaires.	
Silice	68,02	68,19	113,65	74,64
Acide titanique	0,31	»	»	»
Alumine	16,73	16,78	16,45	10,80
Fe^2O^3	1,90	1,90	1,19	0,78
FeO	4,04	4,05	5,63	3,70
CaO	2,33	2,33	4,16	2,73
MgO	0,92	0,92	2,30	1,51
Na^2O	4,90	4,91	7,92	5,20
K^2O	0,92	0,92	0,98	0,64
	100,07	100,00	152,28	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	35,04	46,72
	alumine	5,84	
	alcalis	5,84	
Anorthite	silice	5,46	10,92
	alumine	2,73	
	chaux	2,73	
Magnétite			1,56
Métasilicates	silice	4,43	8,86
	magnésie	1,51	
	FeO	2,92	
Silice libre			29,71
Alumine libre			2,13

Poids spécifique : 2,498.

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^1.

SANTORINITES DES ILES DE THERA, THERASIA ET ASPRONISI QUI FORMENT LA CEINTURE DE LA BAIE DE SANTORIN.

Lave de Therasia (1).

L'échantillon qui a été soumis à l'analyse provient d'une coulée épaisse et très inégale qui se montre à mi-hauteur dans la coupe de la falaise intérieure de l'île. Elle ressemble beaucoup à tous égards aux laves de Palœa Kaméni qui viennent d'être étudiées.

			Quotients moléculaires.	
Silice	65,80	65,56	109,27	72,63
Acide titanique	0,16	»	»	»
Alumine	19,43	19,36	18,98	12,62
Fe^2O^3	2,13	2,12	1,33	0,88
FeO	2,86	2,85	3,96	2,63
CaO	1,99	1,98	3,54	2,35
MgO	1,18	1,18	2,95	1,96
Na^2O	5,53	5,51	8,89	5,91
K^2O	1,45	1,44	1,53	1,02
	100,53	100,00	150,45	100,00

Poids spécifique : 2,588. — Perte au feu de 100° au rouge 0,42.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	41,58	55,44
	alumine	6,93	
	alcalis	6,93	
Anorthite	silice	4,70	9,40
	alumine	2,35	
	chaux	2,35	
Magnétite			1,76

(1) *Voir* p. 286 et Planche XXXVI de l'Ouvrage A ainsi que les cartes de l'archipel de Santorin, Planches I et XLVII.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Métasilicates	silice	3,71	7,42
	magnésie	1,96	
	FeO	1,75	
Silice libre			22,64
Alumine libre			3,34

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^6An^1 et Ab^5An^1.

Lave de la coulée supérieure d'Aspronisi (1).

Cette roche est compacte et d'un noir foncé. Elle offre au microscope tous les caractères des santorinites, c'est-à-dire des andésites à labrador et hypersthène avec microlites à extinction sous de très petits angles. Cependant l'analyse ci-après y indique déjà une teneur en silice notablement inférieure à celle des roches précédemment examinées et une moindre quantité de silice libre dissoute dans le magma. La composition moyenne des feldspaths de la roche est encore très acide, ce qui probablement est dû à l'abondance relative des microlithes par rapport aux phéno-cristaux.

			Quotients moléculaires.	
Silice	59,15	58,91	98,18	67,01
Acide titanique	0,21	»	»	»
Alumine	20,50	20,41	20,01	13,66
Fe^2O^3	4,50	4,48	2,80	1,91
FeO	5,52	5,50	7,64	5,21
CaO	2,25	2,24	4,00	2,73
MgO	0,93	0,93	2,32	1,58
Na^2O	6,52	6,49	10,47	7,15
K^2O	1,04	1,04	1,11	0,75
	100,62	100,00	146,53	100,00

Poids spécifique : 2,618.

(1) *Voir* p. 291 de l'Ouvrage A.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspath alcalins	silice	47,40	63,20
	alumine	7,90	
	alcalis	7,90	
Anorthite	silice	5,46	10,92
	alumine	2,73	
	chaux	2,73	
Magnétite			3,82
Métasilicates	silice	4,88	8,76
	magnésie	1,58	
	FeO	3,30	
Silice libre			5,39
Alumine libre			3,03

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^6An^1.

Lave de la coulée inférieure d'Aspronisi.

La roche affecte les mêmes caractères physiques et minéralogiques que la précédente.

			Quotients moléculaires.	
Silice	57,08	56,83	94,72	62,99
Acide titanique	0,36	»	»	»
Alumine	20,35	20,25	19,85	13,20
Fe^2O^3	2,31	2,30	1,44	0,96
FeO	5,75	5,72	7,94	5,28
CaO	9,04	9,00	16,07	10,69
MgO	1,39	1,38	3,45	2,29
Na^2O	3,82	3,80	6,13	4,08
K^2O	0,72	0,72	0,77	0,51
	100,82	100,00	150,37	100,00

Poids spécifique : 2,765. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,81.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	27,54	36,72
	alumine	4,59	
	alcalis	4,59	
Anorthite	silice	17,22	34,44
	alumine	8,61	
	chaux	8,61	
Magnétite			1,92
Métasilicates	silice	8,69	17,38
	magnésie	2,29	
	FeO	4,32	
	chaux	2,08	
Silice libre			9,54
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^1An^1.

Les nombres qui figurent sur le Tableau ci-dessus montrent que la lave de la coulée inférieure d'Aspronisi se rapporte à un type de santorinite moins acide que celui des laves des Kaménis, type qui sert de passage à l'alboranite. Il est caractérisé par l'abaissement de la teneur en silice, par la basicité relative des feldspaths, par la présence de la chaux dans la composition des métasilicates, par la diminution de la proportion de silice libre. En somme, les deux échantillons de laves d'Aspronisi étudiés ci-dessus se distinguent nettement par leur composition chimique de toutes les laves de Kaménis que nous avons groupées sous le nom de santorinites.

Nous ferons remarquer aussi, en comparant les analyses des deux coulées d'Aspronisi, que les excès de silice déduits de la discussion des analyses ne varient pas comme les teneurs en silice constatées directement, ou, en d'autres termes, que la teneur en silice et la teneur en alcalis ne se correspondent pas nécessairement dans le même rapport.

LAVES DE THERA [1].

J'emprunte à mon Ouvrage sur Santorin six analyses en bloc faites sur des échantillons provenant des filons nos 53, 62, 49, 19, 11 et 32 comptés à partir de l'extrémité septentrionale de l'île.

Les trois premières de ces roches sont des santorinites franches, très acides, du type des laves des Kaménis, en général riches en tridymite. Les trois autres sont encore des andésites à hypersthène du type santorinite, mais l'excès de silice y est beaucoup moins marqué que dans les trois premières. Les feldspaths en phéno-cristaux y sont encore inattaquables à l'acide chlorhydrique bouillant; ce sont, comme les roches d'Aspronisi, des roches de passage au type alboranite. En somme, si l'on divisait le groupe des santorinites en deux sous-groupes d'après le degré de basicité, les roches en question se rangeraient dans la catégorie basique.

Filon n° 53.

		Quotients moléculaires.	
Silice	64,6	107,67	71,34
Alumine	18,7	18,33	12,15
Fe^2O^3	2,1	1,31	0,87
FeO	4,1	5,69	3,77
CaO	2,8	5,00	3,31
MgO	1,5	3,75	2,48
Na^2O	4,7	7,58	5,02
K^2O	1,5	1,59	1,06
	100,0	150,92	100,00

[1] *Voir* p. 33 et Pl. XXXI et XXXII de l'Ouvrage A.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	36,48	48,64
	alumine	6,08	
	alcalis	6,08	
Anorthite	silice	6,62	13,24
	alumine	3,31	
	chaux	3,31	
Magnétite			1,74
Métasilicates	silice	5,38	10,76
	magnésie	2,48	
	FeO	2,90	
Silice libre			21,86
Alumine libre			2,76

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^1.

Filon n° 62.

		Quotients moléculaires.	
Silice	63,6	106,00	71,21
Alumine	20,2	19,80	13,31
Fe^2O^3	2,0	1,25	0,84
FeO	3,9	5,42	3,64
CaO	2,5	4,46	3,00
MgO	0,6	1,50	1,01
Na^2O	5,0	8,06	5,42
K^2O	2,2	2,34	1,57
	100,0	148,83	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	41,94	55,92
	alumine	6,99	
	alcalis	6,99	
Anorthite	silice	6,00	12,00
	alumine	3,00	
	chaux	3,00	

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Magnétite			1,68
Métasilicates	silice	3,81	7,62
	magnésie	1,01	
	FeO	2,80	
Silice libre			19,46
Alumine libre			3,32

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^5An^1 et Ab^4An^1.

Filon n° 49.

		Quotients moléculaires.	
Silice	60,9	101,50	68,14
Alumine	21,6	21,18	14,22
Fe^2O^3	1,9	1,19	0,80
FeO	2,4	3,33	2,24
CaO	4,2	7,50	5,03
MgO	1,5	3,75	2,52
Na^2O	4,6	7,42	4,98
K^2O	2,9	3,09	2,07
	100,0	148,96	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	42,30	56,40
	alumine	7,05	
	alcalis	7,05	
Anorthite	silice	10,06	20,12
	alumine	5,03	
	soude	5,03	
Magnétite			1,60
Métasilicates	silice	3,96	7,92
	magnésie	2,52	
	FeO	1,44	
Silice libre			11,82
Alumine libre			2,14

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^3An^1.

Filon n° 11.

		Quotients moléculaires.	
Silice	57,2	95,33	63,15
Alumine	19,1	18,73	12,41
Fe^2O^3	2,2	1,38	0,91
FeO	4,7	5,18	3,43
CaO	7,1	12,68	8,40
MgO	3,5	8,75	5,80
Na^2O	4,2	6,77	4,49
K^2O	2,0	2,13	1,41
	100,0	150,95	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	35,40	47,20
	alumine	5,90	
	alcalis	5,90	
Anorthite	silice	13,02	26,04
	alumine	6,51	
	soude	6,51	
Magnétite			1,82
Métasilicates	silice	10,21	20,42
	magnésie	5,80	
	FeO	2,52	
	chaux	1,89	
Silice libre			4,52
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^2An^1.

Filon n° 19.

		Quotients moléculaires.	
Silice	56,3	93,83	60,41
Alumine	18,5	18,14	11,67
Fe^2O^3	2,7	1,69	1,09
FeO	3,3	4,59	2.95
CaO	9,4	16,79	10,80
MgO	5,5	13,75	8,86
Na^2O	3,6	5,81	3,74
K^2O	0,7	0,74	0,48
	100,0	155,34	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	25,32	33,76
	alumine	4,22	
	alcalis	4,22	
Anorthite	silice	14,90	29,80
	alumine	7,45	
	chaux	7,45	
Magnétite			2,18
Métasilicates	silice	14,07	28,14
	magnésie	8,86	
	FeO	1,86	
	chaux	3,35	
Silice libre			6,12
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^1An^1.

Filon n° 32.

		Quotients moléculaires.	
Silice	53,9	89,83	61,30
Alumine	25,6	25,10	17,12
Fe^2O^3	2,0	1,25	0,85
FeO	3,7	5,14	3,51
CaO	6,8	12,14	8,28
MgO	1,9	4,75	3,24
Na^2O	3,4	5,49	3,74
K^2O	2,7	2,87	1,96
	100,0	146,57	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	34,20	45,60
	alumine	5,70	
	alcalis	5,70	
Anorthite	silice	16,56	33,12
	alumine	8,28	
	chaux	8,28	
Magnétite			1,70
Métasilicates	silice	5,90	11,80
	magnésie	3,24	
	FeO	2,66	
Silice libre			4,64
Alumine libre			3,14

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^3.

ROCHES DE SANTORIN APPARTENANT AU TYPE ALBORANITE.

Ce sont des labradorites à feldspath en phéno-cristaux très basiques, c'est pourquoi j'avais cru pouvoir les désigner sous le nom de *laves à anorthite*. Les microlites de feldspath y offrent les extinctions obliques caractéristiques du labrador allongé suivant l'arête *pg*'(001)(010). L'hypersthène y est rare, l'augite très commune. Elles sont riches en chaux, pauvres en alcalis. Leur feldspath en phéno-cristaux est, après extraction, facilement attaqué par l'acide chlorhydrique ou par l'acide nitrique bouillants.

Ces roches offrent deux sortes de gisement. On les trouve à l'état d'enclaves en blocs quelquefois très volumineux dans les santorinites des kaménis. Dans ce cas, elles affectent une teinte gris clair, un aspect grenu dû au développement très marqué des phénocristaux de feldspath, ce qui leur donne un faciès syénitique. Leur couleur claire tranche vivement sur la teinte foncée des roches qui les enclavent. Leur cristallisation s'est opérée dans les profondeurs du sol avant la sortie de la roche qui les renferme.

Dans les dykes de la falaise de Thera, leur aspect est tout autre. Ce sont des roches de couleur foncée, finement poreuses ou compactes, microlitiques, à deux temps de consolidation bien tranchés. Elles ne se distinguent ni à l'œil nu, ni même à la loupe, des filons de santorinites avoisinants et des coulées qui en dérivent. Cependant, l'examen microscopique et les essais microchimiques des feldspaths en phénocristaux extraits au moyen de l'électro-aimant ou des liqueurs denses permettent de les reconnaître sûrement sans qu'on ait besoin de recourir à l'analyse. Les filons d'alboranites sont tout aussi nombreux dans la falaise de Thera que les filons de santori-

nites, ils s'enchevêtrent avec ceux-ci, bien qu'en moyenne ils soient plus anciens.

J'emprunte à mon Ouvrage sur Santorin cinq analyses des filons d'alboranite de la falaise de Thera, afin de les soumettre à la même discussion que les analyses en bloc des roches précédentes. Ces filons portent les nos 4, 20, 27, 31 et 34 (1).

Filon n° 4.

		Quotients moléculaires.	
Silice	51,8	86,33	57,09
Alumine	20,1	19,71	13,03
Fe^2O^3	4,6	2,87	1,90
FeO	7,0	9,72	6,43
CaO	11,9	21,25	14,05
MgO	3,4	8,50	5,62
Na^2O	1,1	1,78	1,17
K^2O	0,1	1,06	0,71
	100,0	151,22	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	11,28	15,04
	alumine	1,88	
	alcalis	1,88	
Anorthite	silice	22,30	44,60
	alumine	11,15	
	chaux	11,15	
Magnétite			3,80
Métasilicates	silice	13,05	26,10
	magnésie	5,62	
	FeO	4,53	
	chaux	2,90	
Silice libre			10,46
Alumine libre			0,00

(1) Dans l'Ouvrage A, à la page 332, le filon 27 figure inexactement avec le n° 26.

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^1An^3.

Filon n° 20.

		Quotients moléculaires.	
Silice	51,7	86,17	57,05
Alumine	22,4	21,96	14,54
Fe^2O^3	3,4	2,12	1,41
FeO	4,0	5,55	3,68
CaO	10,4	18,57	12,29
MgO	4,3	10,76	7,12
Na^2O	3,4	5,49	3,63
K^2O	0,4	0,42	0,28
	100,0	151,04	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	23,46	31,28
	alumine	3,91	
	alcalis	3,91	
Anorthite	silice	21,26	42,52
	alumine	10,63	
	chaux	10,63	
Magnétite			2,82
Métasilicates	silice	11,05	22,10
	magnésie	7,12	
	FeO	2.27	
	chaux	1,66	
Silice libre			1,28
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^1An^1 et Ab^2An^3.

Filon n° 27.

		Quotients moléculaires	
Silice	51,5	85,84	58,35
Alumine	24,5	24,02	16,33
Fe^2O^2	3,9	2,44	1,66
FeO	4,9	6,80	4,63
CaO	10,9	19,46	13,23
MgO	2,3	5,75	3,91
Na^2O	1,2	1,94	1,31
K^2O	0,8	0,85	0,58
	100,0	147,10	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	11,34	15,12
	alumine	1,89	
	alcalis	1,89	
Anorthite	silice	26,46	52,92
	alumine	13,23	
	chaux	13,23	
Magnétite			3,32
Métasilicates	silice	6,88	13,76
	magnésie	3,91	
	FeO	2,97	
Silice libre			13,67
Alumine libre			1,21

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^1An^3 et Ab^1An^4.

Filon n° 31.

		Quotients moléculaires.	
Silice	51,9	86,50	56,94
Alumine	22,2	21,76	14,33
Fe^2O^3	3,2	2,00	1,32
FeO	3,9	5,42	3,57
CaO	9,3	16,61	10,93
MgO	5,2	13.00	8,56
Na^2O	3,7	5,97	3,93
K^2O	0,6	0,64	0,42
	100,0	151,90	100,00

Poids spécifique : 2,764.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	26,10	34,80
	alumine	4,35	
	alcalis	4,35	
Anorthite	silice	19,96	29,92
	alumine	9,98	
	chaux	9,98	
Magnétite			2,64
Métasilicates	silice	10,00	20,00
	magnésie	7,24	
	FeO	1,81	
	chaux	0,95	
Olivine	silice	0,88	2,64
	magnésie	1,32	
	FeO	0,44	
Silice libre			0,00
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^1An^1.

Filon n° 34.

		Quotients moléculaires.	
Silice	52,4	87,33	57,87
Alumine	21,3	20,88	13,84
Fe^2O^3	4,2	2,62	1,74
FeO	4,5	6,25	4,14
CaO	11,8	21,07	13,96
MgO	3,9	9.75	6,46
Na^2O	1.8	2,90	1,92
K^2O	0,1	0,11	0,07
	100,0	150,91	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	11,94	15,92
	alumine	1,99	
	alcalis	1,99	
Anorthite	silice	23,70	47,40
	alumine	11,85	
	chaux	11,85	
Magnétite			3,48
Métasilicates	silice	10,97	21,94
	magnésie	6,46	
	FeO	2,40	
	chaux	2,11	
Silice libre			11,26
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^1An^3.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Métasilicates	silice	13,54	23,08
	magnésie	10,41	
	FeO	1,68	
	chaux	1,45	
Silice libre			8,08
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^2An^3.

PONCE DE SANTORIN.

La ponce de Santorin se rattache par sa composition minéralogique au groupe des santorinites. Elle a été rejetée en énormes quantités au moment de la catastrophe qui a creusé la baie. Elle recouvre les restes de l'ancien sol, antérieur à l'explosion et à l'effondrement, d'une couche étendue qui atteint en quelques points jusqu'à 30^m d'épaisseur et dont on retrouve les débris jusqu'au sommet du Saint-Élie, à 568^m d'altitude.

J'emprunte à mon Ouvrage sur Santorin la composition en bloc de cette ponce privée, autant que possible, de phénocristaux.

		Quotients moléculaires.	
Silice	71,0	118,93	77,39
Acide titanique	0,5	»	»
Alumine	16,8	16,56	10,77
Fe^2O^3	0,3	0,19	0,12
FeO	0,5	0,69	0,45
CaO	0,8	1,43	0,93
MgO	0,7	1,75	1,14
Na^2O	7,4	12,00	7,81
K^2O	2,0	2,14	1,39
	100,0	153,69	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	60,00	73,60
	alumine	10,00	
	alcalis	10,00	
Anorthite	silice	1,68	3,72
	alumine	0,93	
	chaux	0,93	
Magnétite			0,24
Métasilicates	silice	1,47	2,94
	magnésie	1,14	
	FeO	0,33	
Silice libre			18,86
Alumine libre			0,64

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : $Ab^{20}An^{1}$.

La rareté des phéno-cristaux de cette ponce correspond bien à l'acidité très grande de cette composition moyenne, et à la nature presque exclusivement albitique des microlites.

ANDÉSITES A HORNBLENDE ET DACITES DE SANTORIN.

Ce groupe de roches, plus ancien que celui des santorinites et des alboranites, n'offre aucun passage avec les roches dont il vient d'être question. Il est caractérisé d'une façon générale par sa teneur élevée en silice, par le développement de l'hornblende non résorbée [1], par l'absence complète de l'hypersthène et par la fréquence des phénomènes de silicification. Cette silicification est très inégalement répartie et se traduit diversement à l'observation microscopique. En effet,

---

[1] Cette absence de phénomènes de résorption chez l'hornblende appartient à toutes les andésites à hornblende de l'archipel grec : Méthana, Egine, Paros, Mételin.

tantôt elle n'est manifestée que par la présence d'une matière vitreuse riche en silice, mais plus souvent elle est signalée par des infiltrations siliceuses, d'opale, de calcédoine et de quartz. Le type extrême est représenté par les dacites à sphérolites pétrosilicieux du cap Acrotiri. L'analyse d'échantillons chargés ainsi de productions quartzeuses aurait évidemment conduit à des résultats disparates et à peu près arbitraires, c'est pourquoi je me suis borné à l'étude de deux types sensiblement exempts de produits siliceux visibles au microscope. Le premier provient d'un échantillon éminemment cristallin, choisi avec soin parmi les matériaux les plus intacts d'une énorme coulée qui part du Lumaravi, monticule voisin du village d'Acrotiri et qui de là se dirige vers le sud (1). Le second m'a été fourni par la perlite de Balos (2), roche presque entièrement vitreuse.

ANDÉSITE A HORNBLENDE D'ACROTIRI.

			Quotients moléculaires.	
Silice	68,71	68,67	114,45	75,22
Acide titanique	0,52	»	»	»
Alumine	18,19	18,18	17,82	11,72
Fe^2O^3	1,20	1,20	0,75	0,49
FeO	2,25	2,25	3,12	2,06
CaO	3,61	3,61	6,45	4,24
MgO	0,52	0,52	1,30	0,85
Na^2O	4,23	4,23	6,82	4,48
K^2O	1,34	1,34	1,44	0,94
	100,57	100,00	152,15	100,00

Poids spécifique : 2,499.

(1) *Voir* Pl. LIII et LIV de l'Ouvrage A.
(2) *Voir* p. 355 et Pl. LI et LII, *ibid.*

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	32,52	43,36
	alumine	5,42	
	alcalis	5,42	
Anorthite	silice	8,48	16,96
	alumine	4,24	
	chaux	4,24	
Magnétite			0,98
Métasilicates	silice	2,42	4,84
	magnésie	0,85	
	FeO	1,57	
Silice libre			31,80
Alumine libre			2,06

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^3An^2.

L'andésite à hornblende d'Acrotiri est presque identique au point de vue de la composition chimique avec la santorinite de la coulée du pied oriental de Palœa Kaméni; elle n'en diffère guère que par une teneur un peu plus élevée en oxydes de fer et cependant la composition minéralogique et les relations géologiques des deux roches sont absolument différentes. Les différences de structure et la diversité des altérations secondaires sont tout aussi prononcées. Les conditions génétiques des deux roches ont été tout à fait dissemblables; on ne peut donc les rapprocher, ni surtout les réunir dans un même groupe pétrographique. On ne saurait trouver de meilleur exemple de l'impossibilité de fonder une classification rationnelle des roches éruptives sur la considération exclusive de la composition chimique. En réalité, l'andésite à hornblende d'Acrotiri s'éloigne beaucoup des roches les plus acides du groupe des santorinites et se rapproche au contraire des dacites du cap Acrotiri avec laquelle elle offre la parenté la plus intime.

PERLITE DE BALOS.

		Quotients moléculaires.	
Silice	70,7	117,83	76,85
Alumine	16,3	15,98	10,42
Fe^2O^3	0,1	0,06	0,04
FeO	0,2	0,28	0,17
CaO	1,6	2,86	1,87
MgO	0.4	1,00	0,65
Na^2O	7,2	11,61	7,57
K^2O	3,5	3,72	2,43
	100,0	153,34	100,00

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	60,00	80,00
	alumine	10,00	
	alcalis	10,00	
Anorthite	silice	0,84	1,68
	alumine	0,42	
	chaux	0,42	
Magnétite			0,08
Métasilicates	silice	2,23	4,46
	magnésie	0,65	
	FeO	0,13	
	chaux	1,45	
Silice libre			13,78
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : $Ab^{58}An^1$.

Cette perlite de Balos est remarquable par le contraste qui existe entre la nature sanidino-albitique de sa matière feldspathique et la médiocre proportion de sa silice libre.

Il y a, sous ce rapport, une opposition marquée entre la perlite et l'andésite à hornblende, qui appartiennent cependant au même groupe pétrographique; on ne doit pas oublier

que les deux roches offrent entre elles tous les termes de passage.

La perlite de Balos peut être également rapprochée de la ponce de Santorin au point de vue chimique, mais, comme nous l'avons montré pour l'andésite à hornblende, les dissemblances minéralogiques entre elles sont très nettes, et la ponce ne saurait être considérée comme établissant le passage des dacites aux santorinites par l'intermédiaire de la perlite et de l'andésite à hornblende. Il faut tenir compte de ce fait que l'explosion qui a produit la ponce a dû amener un trouble considérable dans les magmas fondus sous-jacents au massif de Santorin, déterminer la refonte partielle des roches anciennement solidifiées, et, par suite, amener la production de roches complexes. La ponce est donc une roche formée dans des conditions exceptionnelles, intéressantes, mais sur lesquelles on ne saurait s'appuyer pour justifier une classification chimique. Les enclaves d'andésite à hornblende et de dacite, que l'on rencontre assez fréquemment dans la ponce, sont, au contraire, des témoins incontestables des différences génétiques qui les séparent. Notons enfin que la production de la ponce ne s'est opérée qu'après une longue période, postérieure à la cessation des éruptions dacitiques, période durant laquelle avait été rejetée une immense accumulation de santorinites et d'alboranites. La ponce appartient donc au groupe des andésites et labradorites à hypersthène (santorinites et alboranites) et non à celui des andésites à hornblende et dacites.

En résumé, il résulte des observations consignées dans les pages précédentes et de celles qui ont été publiées dans les ouvrages plus anciens qu'il existe à Santorin deux groupes de roches volcaniques bien distincts : d'une part, des roches à hypersthène, et, d'autre part, des roches à amphibole exempte de résorption. Le premier groupe a été divisé en deux sous-

groupes, d'après la considération du degré de basicité. Becke, voulant accentuer la spécification de ces deux sous-groupes, leur a donné les noms univoques de santorinites et d'alboranites. On pourrait tout aussi bien donner des noms univoques aux deux termes principaux de l'autre groupe, appeler par exemple les andésites à hornblende lumaravites, et les dacites acrotirites. Je ne saurais nier les avantages que les noms univoques apportent au langage des pétrographes ; ce sont des sortes d'abréviations qui simplifient les descriptions et les discussions. L'emploi que j'en ai fait dans les pages précédentes en me servant des noms de *santorinites* et d'*alboranites* montre bien que je ne suis pas l'ennemi de ce genre de nomenclature. Néanmoins, je ne puis m'empêcher d'en faire ressortir les inconvénients. Dans ces dix dernières années, il y a eu un tel afflux de noms nouveaux introduits en pétrographie, qu'il a fallu construire des dictionnaires interprétatifs. La science des roches est déjà par elle-même assez compliquée et hérissée de difficultés pour qu'on recule devant une nomenclature embarrassée de noms nouveaux exigeant des élèves de nos laboratoires un effort de mémoire incessant. Enfin, on doit avouer que beaucoup des noms proposés ne sont pas justifiés par la netteté des groupes qu'ils sont destinés à représenter. La nomenclature employée dans la Minéralogie micrographique, pour les roches éruptives, a le mérite, par la seule dénomination employée, de rappeler les principales propriétés des roches, et particulièrement leur structure et leur composition minéralogique. On peut même, avec ces désignations, avoir une idée nette des conditions dans lesquelles s'est opérée la consolidation et de la composition chimique approximative du magma générateur. Quelle différence avec ces noms arbitraires qui ne rappellent le plus souvent à l'esprit que des emplacements géographiques incertains et parfois même ignorés !

Enfin, j'adresserai encore un dernier reproche à l'emploi des noms univoques. Cet emploi n'est justifié que lorsqu'ils correspondent à des types pétrographiques rigoureusement définis, lorsqu'ils sont assez précis pour éviter toute méprise dans leur application. Or, malheureusement, ces conditions sont difficiles à remplir. Quand on s'en sert, il faut autant que possible ne les utiliser que pour les gisements qui ont servi à les définir. Quand on transporte ces dénominations à des roches considérées comme identiques et provenant de régions éloignées, on s'expose à des erreurs graves. Plus la définition est étroite et serrée, à cause de la localisation du type qu'elle représente, plus on doit craindre de l'appliquer à distance. Ainsi, bien que possédant de nombreux échantillons des labradorites à anorthite de Santorin, en même temps qu'un échantillon typique d'alboranite de l'île d'Alboran, je ne suis pas certain de ne pas m'être trompé en appliquant la même démonstration univoque aux deux roches, et par suite en les assimilant.

La question de classification des roches de Santorin soulève aussi des difficultés importantes, plus graves même que celle de nomenclature. Becke, bien qu'ayant séparé et dénommé à part les santorinites et les alboranites, rapproche intimement les deux roches. Pour lui, ce ne sont que de simples variétés d'un groupe étendu, celui des andésites, groupe continu, offrant les passages les plus larges du terme le plus acide au terme le plus basique. Il prend pour définition des andésites la caractéristique très ample adoptée par la plupart des pétrographes, et comprend sous ce nom toutes les roches microlitiques sans quartz, à feldspath calco-sodique en phénocristaux et en microlites. Le groupe ainsi constitué me paraît beaucoup trop vaste. Plus la science des roches progresse et plus on reconnaît l'importance des feldspaths comme éléments constitutifs des roches éruptives. Les miné-

raux de cette famille sont d'ailleurs à présent bien mieux étudiés et connus qu'ils ne l'étaient autrefois. Il n'y a plus de raison aujourd'hui de confondre dans une même espèce des roches qui diffèrent complètement par la nature de leurs éléments feldspathiques, ce qui entraîne des différences considérables dans la composition chimique en bloc et suppose, par suite, des différences correspondantes dans la composition des magmas générateurs. A Santorin, malgré la liaison qui existe entre les santorinites et les alboranites, il y a lieu de distinguer nettement ces deux sortes de roches. Les santorinites appartiennent au véritable groupe des andésites, caractérisé par des microlites feldspathiques calco-sodiques acides. Les alboranites appartiennent au groupe des labradorites (1) caractérisé par des microlites feldspathiques basiques, et passant au basalte (2).

La séparation que je préconise ici est d'ailleurs acceptée généralement pour les roches grenues : diabases et gabbros qui correspondent aux deux types de roches microlitiques en question.

En somme, les considérations qui viennent d'être exposées ont pour but principal de renforcer la distinction que j'avais établie entre les laves à labrador et les laves à anorthite, ou, en d'autres termes, entre les santorinites et les alboranites de Becke, tout en les rattachant à deux groupes contigus, celui des andésites et celui des labradorites.

Ceci posé, faut-il s'arrêter là ? Ne conviendrait-il pas, comme l'a fait M. Lœwinson Lessing, de considérer l'écart comme plus grand encore, et de faire rentrer, d'une part, les

---

(1) Il serait avantageux de remplacer le nom de labradorites, appliqué aux roches, par une dénomination moins minéralogique.

(2) A Santorin même, ce passage se voit dans les dykes basiques qui coupent les andésites à hornblende, ainsi que les dacites d'Acrotiri.

santorinites dans les dacites, et, d'autre part, les alboranites dans les basaltes? Cette manière de voir a pour point de départ la considération des résultats de l'analyse en bloc. En effet, M. Lœwinson Lœssing a été frappé de la teneur élevée en silice des santorinites et de l'excès considérable de silice libre qu'impliquent leurs analyses; et, d'un autre côté, il a remarqué tous les caractères de basicité qu'affectent les alboranites. Si l'on acceptait les opinions du savant auteur, les deux roches en question se trouveraient ainsi rattachées aux deux termes extrêmes d'un tableau de classification des roches éruptives. Il me semble qu'il y a là une certaine exagération. Les termes extrêmes de la série des roches éruptives n'offrent jamais entre eux une parenté aussi accentuée, des liaisons aussi étroites que celle des santorinites et des alboranites, surtout dans un district aussi resserré que l'archipel de Santorin. Accorder une prédominance exclusive à la considération des données de l'analyse en bloc me semble en contradiction avec les conditions de toute classification normale en histoire naturelle. Il est vrai qu'en faisant un choix discret entre ces analyses, on arrive aisément à présenter des résultats d'une simplicité et d'une netteté frappantes; mais, si l'on ne prend pas la précaution énoncée, la complication des données chimiques devient manifeste, et l'on est forcément amené, en dernier lieu, à recourir à l'autorité des caractères minéralogiques [1].

---

[1] Les principaux pétrographes américains se sont réunis récemment pour proposer une classification essentiellement chimique, passablement compliquée et très discutable d'ailleurs. La raison principale pour laquelle je ne saurais être favorable à la tentative en question provient surtout de ce que cette classification est intimement liée à une nomenclature bizarre, hérissée de néologismes, qui me semble devoir aboutir à une confusion du langage des pétrographes encore plus grande que celle qui règne maintenant.

Roches d'Auvergne.

Les roches d'Auvergne, dont les analyses en bloc sont consignées et discutées ci-après, sont les mêmes dont les feldspaths en phéno-cristaux ont été étudiés dans mon Mémoire sur les feldspaths des roches volcaniques (1). J'ai cherché dans chaque cas à comparer la composition moyenne des feldspaths des roches et celle des phéno-cristaux de feldspath des mêmes échantillons et à donner une explication rationnelle des particularités que présentent les faits observés.

Trachy-andésite du sommet du Sancy (Mont-Dore).

			Quotients moléculaires.	
Silice	69,34	69,19	115,32	75,48
Acide titanique	0,05	»	»	»
Alumine	17,71	17,67	17,32	11,34
Fe^2O^3	0,55	0,55	0,34	0,22
FeO	0,90	0.90	1,25	0,82
CaO	1,50	1,50	2,68	1,75
MgO	1,24	1,24	3,10	2,03
Na^2O	5,95	5,94	9,58	6,27
K^2O	3,01	3,01	3,21	2,09
	100,25	100,00	152,80	100,00

Poids spécifique : 2,538. Perte au feu de 100° au rouge : 0,67.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	50,16	66,68
	alumine	8,36	
	alcalis	8,36	

(1) Ouvrage B cité, p. 263.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Anorthite	silice	3,50	7,00
	alumine	1,75	
	chaux	1,75	
Magnétite			0,44
Métasilicates	silice	2,63	5,26
	magnésie	2,63	
	FeO	0,60	
Silice libre			19,19
Alumine libre			1,23

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre Ab^9An^1 et $Ab^{10}An^1$.

Le trachy-andésite du sommet du Sancy est imprégné de silice à des états divers (opale, calcédoine, quartz), laquelle a été déposée par les minéralisateurs dont l'action a accompagné et suivi les éruptions (1). Malgré le soin apporté au choix de l'échantillon soumis à l'analyse, il m'a été impossible d'obtenir un spécimen complètement exempt des apports de ce genre. Il est curieux de constater que l'imprégnation siliceuse a porté particulièrement sur les phéno-cristaux de feldspath, sans doute à cause de leur vitrosité et de leur structure fendillée, peut-être aussi à cause de leur cristallisation pendant le premier temps de consolidation de la roche. La teneur en silice de ces feldspaths est au moins de 73 pour 100 et peut s'élever jusqu'à 78 pour 100. L'excès de silice révélé par l'analyse tient à la présence d'une matière vitreuse très acide et probablement encore plus à l'apport des produits siliceux signalés ci-dessus. La variabilité très grande de leurs proportions suffit, en effet, pour montrer qu'ils ne proviennent pas exclusivement de la partie de la roche qui les contient.

(1) *Voir* p. 263 de l'Ouvrage B.

Trachy-andésite à hornblende de Pignon, près Murat (Cantal).

			Quotients moléculaires.	
Silice	64,06	63,75	106,17	71,98
Acide titanique	0,19	»	»	»
Alumine	20,38	20,27	19,87	13,47
Fe^2O^3	2,35	2,34	1,46	0,99
FeO	0,56	0,56	0,77	0,52
CaO	1,33	1,32	2,32	1,57
MgO	0,65	0,65	1,61	1,09
Na^2O	6,27	6,23	10,06	6,82
K^2O	4,96	4,93	5,25	3,56
	100,75	100,00	147,50	100,00

Poids spécifique : 2,567.
Perte au feu de 100° au rouge : 0,88.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	62,28	83,04
	alumine	10,38	
	alcalis	10,38	
Anorthite	silice	3,14	6,28
	alumine	1,57	
	chaux	1,57	
Magnétite			1,04
Hématite			0,47
Métasilicates	silice	1,09	2,18
	magnésie	1,09	
Silice libre			5,47
Alumine libre			1,52

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : $Ab^{13}An^1$.

L'échantillon analysé provient de la brèche andésique du Cantal; la roche est riche en phéno-cristaux visibles à l'œil nu, sa couleur est gris clair, son apparence grenue. Au micro-

scope, on constate que la matière vitreuse est plus développée que ne semblait l'indiquer l'examen à l'œil nu. Les phénocristaux appartiennent à des types variés; les plus communs doivent être rapportés à l'anorthose et à l'andésine, les premiers plus volumineux et plus clairsemés que les seconds. La teneur élevée de la roche en alcalis et surtout en potasse paraît due principalement à la matière vitreuse. Les microlites sont pour la plupart réduits à l'état de cristallites. L'augite n'est représentée que par quelques phéno-cristaux très rares. La présence de l'hématite semble indiquer que la roche a subi un commencement d'altération.

Andésite à hornblende du Viaguin (Cantal), n° 1379.

			Quotients moléculaires.	
Silice	66,56	65,91	109,85	72,04
Acide titanique	0,46	»	»	»
Alumine	19,77	19,58	19,20	12,59
Fe^2O^3	0,96	0,95	0,59	0,39
FeO	1,00	0,99	1,38	0,90
CaO	0,10	0,10	1,79	1,17
MgO	1,97	1,95	4,87	3,20
Na^2O	6.63	6,57	10,60	6,95
K^2O	3,99	3,95	4,20	2,76
	101,44	100,00	152,48	100,00

Poids spécifique : 2,536.
Perte au feu de 100° au rouge : 0,47

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	58,26	77,68
	alumine	9,71	
	alcalis	9,71	

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Anorthite	silice	2,34	4,68
	alumine	1,17	
	chaux	1,17	
Magnétite			0,78
Métasilicates	silice	3,71	7,42
	magnésie	3,20	
	FeO	0,51	
Silice libre			7,73
Alumine libre			1,71

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : entre $Ab^{16}An^{1}$ et $Ab^{17}An^{1}$.

L'andésite à hornblende du Viaguin est remarquable par le développement de la matière vitreuse brun clair que l'on y constate au microscope (1) et par l'abondance de la tridymite qui l'imprègne et remplit ses vacuoles. Le feldspath en phénocristaux qu'elle renferme présente les propriétés optiques de l'andésine et de l'andésine-oligoclase. Sa composition moyenne correspond à la formule $Ab^{2}An^{1}$. Les microlites s'éteignent sous de très petits angles. Il y a une différence considérable dans le degré d'acidité des phéno-cristaux du premier temps et de la matière feldspathique du second. Les poids spécifiques présentent des différences correspondantes; celui des phéno-cristaux est 2,646, tandis que celui de la roche totale n'est que de 2,536. Enfin, l'excès de silice que révèle l'analyse peut être attribué à l'acidité de la matière vitreuse et des microlites ainsi qu'à la fréquence de la tridymite.

---

(1) *Voir* p. 220 de l'Ouvrage B

Andésite à hornblende de Chastel (Cantal), n° 1684.

			Quotients moléculaires.	
Silice	61,54	62,55	104,25	69,67
Acide titanique	1,97			
Alumine	18,14	18,44	18,08	12,08
Fe^2O^3	3,29	3,34	2,09	1,40
FeO	3,50	3,56	4,95	3,31
CaO	2,95	2,99	5,34	3,57
MgO	1,81	1,84	4,60	3,07
Na^2O	4,62	4,70	7,58	5,06
K^2O	2,54	2,58	2,75	1,84
	100,36	100,00	149,64	100,00

Poids spécifique : 2,610.
Perte au feu entre 100° et le rouge : 0,52.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	41,40	55,20
	alumine	6,90	
	alcalis	6,90	
Anorthite	silice	7,14	14,28
	alumine	3,57	
	chaux	3,57	
Magnétite			2,80
Métasilicates	silice	4,98	9,96
	magnésie	3,07	
	chaux	1,91	
Silice libre			16,15
Alumine libre			1,61

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^1.

L'andésite à hornblende de Chastel, près Murat, provient d'un bloc de brèche andésitique commune dans le Cantal. Le feldspath en phéno-cristaux offre les propriétés optiques de

l'andésine et de l'andésine-oligoclase; il est donc notablement moins acide que la matière feldspathique moyenne indiquée par l'analyse [1]. Les microlites très fins et accompagnés d'une matière vitreuse brunâtre s'éteignent sous très petits angles. L'excès de silice ne peut être attribué qu'à la matière vitreuse.

Andésite à hornblende du Lioran (Cantal), n° 359.

			Quotients moléculaires.	
Silice	60,88	61,03	101,72	68,52
Acide titanique	1,14	»	»	»
Alumine	22,63	22,68	22,24	14,98
Fe^2O^3	1,30	1,30	0,81	0,55
FeO	2,94	2,95	4,10	2,76
CaO	3,10	3,11	5,55	3,74
MgO	1,39	1,40	3,50	2,36
Na^2O	4,56	4,57	7,37	4,97
K^2O	2,95	2,96	3,15	2,12
	100,89	100,00	148,44	100,00

Poids spécifique : 2,585.
Perte au feu de 100° au rouge : 0,39.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	42,54	56,72
	alumine	7,09	
	alcalis	7,09	
Anorthite	silice	7,48	14,96
	alumine	3,74	
	chaux	3,74	
Magnétite			1,10
Métasilicates	silice	4,57	9,14
	magnésie	2,36	
	FeO	2,21	
Silice libre			13,93
Alumine libre			4,15

[1] *Voir* p. 197 de l'Ouvrage B.

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : $Ab^4 An^1$.

L'andésite à hornblende du Lioran (Cantal), n° 359, est une roche riche en microlites, à structure fluidale très prononcée [1]. La composition du feldspath en phéno-cristaux correspond à peu près à la formule $Ab^2 An^1$. Bien qu'au microscope la matière vitreuse du second temps soit peu apparente, son existence et en même temps l'acidité de sa composition sont démontrées par l'excès de silice que révèle l'analyse.

L'analyse du magma du second temps dépouillé de phénocristaux et de la plupart des éléments ferro-magnésiens indique, du reste, une teneur beaucoup plus élevée en silice 66,5 pour 100 (*voir* p. 253 de l'ouvrage B).

Andésite à hornblende de Fraisse-haut
(*Ruisseau de la Bourgade, n°* 459).

			Quotients moléculaires.	
Silice	55,88	55,67	92,78	61,90
Acide titanique	1,09	»	»	»
Alumine	20,92	20,84	20,43	13,63
Fe^2O^3	3,46	3,45	2,16	1,43
FeO	4,10	4,09	5,68	3,79
CaO	5,49	5,47	9,77	6,51
MgO	3,52	3,51	8,78	5,85
Na^2O	5,34	5,32	8,58	5,72
K^2O	1,66	1,65	1,75	1,17
	101,46	100,00	149,93	100,00

Poids spécifique : 2,654.
Perte au feu de 100° au rouge : 0,26.

[1] *Voir* p. 225 et 253 de l'Ouvrage B.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	41,34	55,12
	alumine	6,89	
	alcalis	6,89	
Anorthite	silice	11.68	23,36
	alumine	5,84	
	chaux	5,84	
Magnétite			2,86
Métasilicates	silice	8,88	17,76
	magnésie	5,85	
	FeO	2,36	
	chaux	0,67	
Silice libre			0,00
Alumine libre			0.90

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^5An^2.

L'andésite à hornblende de Fraisse-haut appartient à un type basique de cette catégorie de roches. Elle est grisâtre, poreuse, pauvre en phéno-cristaux de feldspath. L'augite en phéno-cristaux y est aussi abondante que l'hornblende.

La basicité relative de cette andésite est accusée, non seulement par sa faible teneur en silice et par l'absence de silice en excès, mais encore par l'abondance des bases terreuses et des oxydes de fer (1). Le feldspath en phéno-cristaux a pour formule Ab^2An^1. Il est donc à peine plus basique que la matière feldspathique du magma du second temps. Une petite quantité de tridymite se voit au microscope dans les vacuoles de la roche, ce qui semble en contradiction avec l'absence de silice libre indiquée par l'analyse, mais ce qui prouve tout simplement que l'étude optique est souvent un moyen d'investigation plus sensible que l'analyse chimique.

---

(1) *Voir* p. 206 de l'Ouvrage A.

Andésite à biotite du pied nord du Plomb du Cantal, n° 24.

			Quotients moléculaires.	
Silice	57,99	58,06	96,77	64,95
Acide titanique	1,04	»	»	»
Alumine	19,47	19,49	19,11	12,83
Fe^2O^3	3,60	3,60	2,25	1,51
FeO	4,12	4,12	5,72	3,84
CaO	4,40	4,41	7,88	5,29
MgO	2,07	2,07	5,17	3,47
Na^2O	6,01	6,02	9,71	6,52
K^2O	2,23	2,23	2,37	1,59
	100,93	100,00	148,98	100,00

Poids spécifique : 2,546.
Perte au feu de 100° au rouge : 0,27.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	48,66	64.88
	alumine	8,11	
	alcalis	8,11	
Anorthite	silice	9,44	18,88
	alumine	4,72	
	chaux	4,72	
Magnétite			3,02
Métasilicates	silice	6,37	12,74
	magnésie	3,47	
	FeO	2,33	
	chaux	0,57	
Silice libre			0,48
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths : Ab^7An^2.

L'andésite à biotite, ci-dessus étudiée, forme un banc régulier dont la coupe se voit au pied nord du Plomb du Cantal,

au fond du vaste cirque ouvert du côté du Lioran. C'est une coulée tranchée par l'escarpement. La roche est noire, brillante, parsemée de phéno-cristaux de feldspath d'un blanc laiteux ([1]). Son aspect à l'œil nu est celui d'un lamprophyre. Au microscope les phéno-cristaux apparaissent clairsemés au milieu d'une matière vitreuse chargée de grains de magnétite et de microlites de feldspath allongés, doués de très petits angles d'extinction.

L'andésine prédomine parmi les phéno-cristaux. On n'y trouve pas d'hornblende, mais seulement de l'augite et de la biotite, qui, l'une et l'autre, appartiennent au premier temps de consolidation. La biotite, presque entièrement résorbée, n'est guère représentée que par des squelettes de cristaux. Malgré la fréquence des silicates ferro-magnésiens, le poids spécifique de la roche demeure inférieur à celui des phéno-cristaux de feldspath. Ceux-ci ont pour formule Ab^1An^1, tandis que la composition moyenne de la matière feldspathique de la roche est représentée par Ab^7An^2, notablement plus acide. La basicité relative de cette roche comparée à l'acidité ordinaire des andésites à biotite et des andésites à hornblende est encore accusée par la très faible quantité de silice libre révélée par l'analyse.

([1]) *Voir* p. 236 de l'Ouvrage B.

Andésite à augite de Sévérac (Cantal), n° 51 bis.

			Quotients moléculaires.	
Silice	56,29	55,88	93,13	63,22
Acide titanique	0,41	»	»	»
Alumine	24,12	23,94	23,47	15,93
Fe^2O^3	2,47	2,45	1,53	1,04
FeO	3,20	3,15	4,37	2,97
CaO	6,13	6,09	10,87	7,38
MgO	1,39	1,38	3,45	2,34
Na^2O	5,36	5,32	8,58	5,83
K^2O	1,90	1,79	1,90	1,29
	101,17	100,00	147,30	100,00

Poids spécifique : 2,674.
Perte au feu de 100° au rouge : 1,74.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	42,72	57,96
	alumine	7,12	
	alcalis	7,12	
Anorthite	silice	14,76	29,52
	alumine	7,38	
	chaux	7,38	
Magnétite			2,08
Métasilicates	silice	4,27	8,54
	magnésie	2,34	
	FeO	1,93	
Silice libre			1,47
Alumine libre			1,43

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^2An^1.

L'andésite à augite, de Sévérac (Cantal) (1), est complètement dépourvue d'hornblende et de biotite. C'est une roche scoriacée bulleuse parsemée de cristaux de feldspath visibles à l'œil nu.

Les phéno-cristaux sont représentés par la formule Ab^1An^1;

(1) *Voir* p. 249 de l'Ouvrage B.

ils sont donc plus basiques que ne l'indique la composition moyenne des feldspaths de la roche représentés par la formule Ab^2An^1. Ils sont aussi moins riches en potasse. La silice en excès est en très petite quantité. Enfin, l'observation microscopique montre l'existence exclusive de l'augite comme élément ferro-magnésien et l'apparition, à titre exceptionnel, de l'augite et du labrador parmi les microlites.

Tous ces caractères accusent les tendances basiques de la roche et expliquent les passages qu'elle présente aux andésites augitiques et aux labradorites (roches à microlites d'augite et d'oligoclase ou d'andésine) et (roches à microlites d'augite et de labrador).

L'analyse du magma du second temps, réduit aux microlites et à la matière vitreuse, indique, pour cette partie de la roche, une teneur en silice beaucoup plus élevée que celle que donne l'analyse en bloc pour le tout, 65,7 pour 100 au lieu de 55,88, et plus élevée que celle des phéno-cristaux de feldspath de la roche 55,0 (*voir* p. 251 et 252 de l'Ouvrage B), ce qui montre que les phéno-cristaux de feldspath sont prédominants par rapport aux microlites.

Phonolite du Puy-Grioux (*Cantal*).

			Quotients moléculaires.	
Silice	59,46	59,35	98,92	66,99
Acide titanique	0,26	»	»	»
Alumine	24,28	24,23	23,76	16,09
Fe^2O^3	1,06	1,06	0,66	0,45
FeO	1,16	1,16	1,61	1,09
CaO	3,10	3,10	5,54	3,75
MgO	0,77	0,77	1,92	1,30
Na^2O	7,76	7,75	12,50	8,47
K^2O	2,58	2,58	2,74	1,86
	100,43	100,43	147,65	100,00

Poids spécifique : 2,579.
Perte au feu de 100° au rouge : 1,67.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	55,32	73,76
	alumine	9,22	
	alcalis	9,22	
Anorthite	silice	7,50	15,00
	alumine	3,75	
	chaux	3,75	
Néphéline	silice	2,22	4,44
	alumine	1,11	
	soude	1,11	
Magnétite			0,90
Métasilicates	silice	1,94	3,88
	magnésie	1,30	
	FeO	0,64	
Silice libre			0,01
Alumine libre			2,01

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^5An^1.

Le phonolite du Puy-Grioux [1] a été rangé dans les phonolites feldspathiques, par suite de la difficulté très grande d'y constater au microscope la présence de la néphéline. A cause de ses caractères extérieurs, de son attaque partielle par les acides et surtout à cause de la constatation de l'existence de l'anorthose au microscope comme élément prédominant parmi les phéno-cristaux de feldspath, il était rationnel de rattacher cette roche à un groupe particulier essentiellement feldspathique de la famille des phonolites. On peut d'ailleurs affirmer que l'anorthose s'y trouve associée parmi les phéno-cristaux à d'autres types moins acides de la famille des feldspaths appartenant à la série calco-sodique. C'est ce qui ressort avec évidence de l'analyse des phéno-cristaux de feldspath, laquelle

[1] *Voir* p. 278 de l'Ouvrage B.

conduit à la formule Ab^6An^1 bien différente de celle de l'anorthose.

L'interprétation des résultats de l'analyse en bloc donne pour la composition moyenne des feldspaths de la roche la formule Ab^5An^1, ce qui montre en outre que les feldspaths calco-sodiques sont encore plus fréquents dans le magma du second temps que parmi les phéno-cristaux du premier. Enfin la discussion de cette analyse montre que les résultats obtenus ne peuvent s'expliquer qu'en admettant dans le magma du second temps l'existence de 4,44 pour 100 de néphéline, qui avaient échappé à l'observation microscopique. Ici, l'étude chimique a été plus perspicace que l'observation optique.

Il ressort encore de la discussion qui vient d'être effectuée que les phonolites feldspathiques se caractérisent par l'absence ou au moins par la très grande rareté de la silice en excès, et surtout par ce fait très important que, contrairement à ce qui a lieu chez les andésites et les trachytes, la matière feldspathique du second temps de consolidation est plus basique que les feldspaths du premier temps, même quand on fait abstraction de la néphéline.

Phonolite feldspathique de La Terrisse (Cantal) n° 2071.

			Quotients moléculaires.	
Silice	58,55	58,42	99,37	65,08
Acide titanique	0,77	»	»	»
Alumine	22,32	22,26	21,82	14,59
Fe^2O^3	2,13	2,13	1,33	0,89
FeO	1,32	1,32	1,83	1,23
CaO	6,70	6,69	11,95	7,98
MgO	1,55	1,55	3,88	2,59
Na^2O	6,09	6,08	9,78	6,54
K^2O	1,55	1,55	1,65	1,10
	100,98	100,00	149,61	100,00

Poids spécifique : 2,595. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,73.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	45,84	61,12
	alumine	7,64	
	alcalis	7,64	
Anorthite	silice	13,90	27,80
	alumine	6,95	
	chaux	6,95	
Magnétite			1,78
Métasilicates	silice	3,96	7,92
	magnésie	2,59	
	FeO	0,34	
	chaux	1,03	
Silice libre			1,38
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths : Ab^2An^1.

Dans mon travail sur les feldspaths de la roche de la Terrisse (1) je l'ai décrite sous le nom de *phonolite feldspathique,* parce qu'elle possède les caractères extérieurs des phonolites sans que le microscope y révèle d'une façon nette la présence de la néphéline.

Le feldspath en phéno-cristaux est assez bien représenté par la formule Ab^5An^1 ; il est très riche en potasse. De même que celui du Grioux, on peut le considérer comme un mélange d'anorthose et d'un feldspath calco-sodique appartenant probablement à la partie moyenne de la série feldspathique. La formule Ab^2An^1, beaucoup plus basique, qui représente la composition moyenne des feldspaths de la roche, conduit donc aussi aux conclusions que nous avons déduites de l'étude de la roche du Grioux, à savoir que dans les phonolites, le feldspath du premier temps de consolidation est plus acide que celui du second temps. Dans l'exemple de la roche de la Ter-

(1) *Voir* p. 276 de l'Ouvrage B.

risse ce caractère a d'autant plus d'importance que la néphéline est en assez faible proportion pour échapper à la fois à l'étude optique et à la détermination au moyen de l'interprétation de l'analyse en bloc.

BASALTES D'AUVERGNE.

La série des basaltes est très nombreuse et très variée en Auvergne. Je me suis borné à étudier chimiquement quelques types remarquables.

Basalte andésitique de La Morangie (Puy-de-Dôme) n° 1349

			Quotients moléculaires.	
Silice	53,08	53,52	89,20	59,97
Acide titanique	1,24	»	»	»
Alumine	21,41	21,59	21,17	14,23
Fe^2O^3	3,60	3,63	2,27	1,53
FeO	5,84	5,89	8,18	5,50
CaO	6,90	6,96	12,43	8,35
MgO	3,11	3,14	7,85	5,28
Na^2O	3,68	3,71	5,98	4,02
K^2O	1,55	1,56	1,66	1,12
	100,41	100,00	148,74	100,00

Poids spécifique : 2,821. — Perte au feu de 100° au rouge : 0,75.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	30,84	41,12
	alumine	5,14	
	alcalis	5,14	
Anorthite	silice	16,70	33,40
	alumine	8,35	
	chaux	8,35	
Magnétite			2,06
Métasilicates	silice	9,25	18,50
	magnésie	5,28	
	FeO	3,97	
Silice libre			3,18
Alumine libre			0,74

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^3.

Le basalte andésitique de la Morangie (1) provient du revers sud du Sancy. Il est l'un des types pétrographiques les plus intéressants parmi les roches de passage entre les trachy-andésites du Mont-Dore et les basaltes du Cézalier. Il offre des variétés nombreuses, les unes acides, les autres basiques, et, dans tous les cas, il est remarquable par sa complexité. A l'état de phéno-cristaux on y observe des feldspaths divers appartenant au moins à sept types différents : anorthose, sanidine associée à l'anorthose en cristaux zonés souvent volumineux (1cm de long), andésine-oligoclase, andésine, labrador, labrador-bytownite et bytownite. Les microlites de feldspath (2) sont pour la plupart à petits angles d'extinction par rapport à l'arête pg^1 (001) (010). L'olivine se montre en proportions variables; elle est très inégalement distribuée. Dans certaines plages elle est abondante, dans d'autres elle est rare. Il est impossible de trouver un exemple plus net du passage entre deux roches aussi dissemblables que le trachyte et le basalte normal.

La composition chimique moyenne des feldspaths en phéno-cristaux est à peu près celle de l'oligoclase, mais avec une teneur en chaux exceptionnelle. « Sans l'examen optique préalable, les résultats de l'analyse chimique seraient tout à fait inexplicables. »

L'analyse en bloc de la roche étudiée atteste sa basicité, mais en même temps elle présente des particularités dignes d'attention. Elle ne révèle pas la présence de l'olivine; en revanche, on en déduit pour la composition moyenne des

---

(1) *Voir* p. 186 de l'Ouvrage B.

(2) C'est à cause de la prédominance des microlites d'oligoclase-andésine sur ceux de labrador que la roche a reçu l'épithète d'andésitique.

feldspaths de la roche une formule Ab^4An^3 voisine de celle du labrador et par conséquent beaucoup plus basique que celle que donne l'analyse des phéno-cristaux de cette espèce minérale. Les résultats de cette comparaison sont analogues à ceux que fournit l'examen des phonolites, mais la cause de ce fait n'est pas la même dans les deux cas.

La bizarrerie de ces données curieuses et presque contradictoires peut provenir en partie de l'imperfection des hypothèses qui président aux interprétations, mais certainement elle résulte surtout des conditions géogéniques compliquées de la roche, de son hétérogénéité et de la nature étrange de ses affinités pétrographiques. Il semble bien, en effet, que l'on a affaire a une roche primitivement acide, un trachyandésite, dont les éléments cristallisés ont été disloqués et dissociés par l'action d'un magma basaltique en fusion, lequel, en se consolidant ensuite, a servi de ciment aux éléments divers antérieurement formés.

Basalte doléritique de Sériers (Cantal).

			Quotients moléculaires.	
Silice	50,67	50,79	84,65	54,88
Acide titanique	0,88	»	»	»
Alumine	19,43	19,48	19,10	12,38
Fe^2O^3	2,30	2,31	1,44	0,94
FeO	7,26	7,28	10,11	6,56
CaO	9,42	9,45	16,87	10,93
MgO	6,01	6,03	15,07	9,78
Na^2O	3,67	3,68	5,94	3,85
K^2O	0,93	0,98	1,04	0,68
	100,62	100,00	154,22	100,00

Poids spécifique : 3,024. Perte au feu de 100° au rouge : 0,66.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	27,18	36,24
	alumine	4,53	
	alcalis	4,53	
Anorthite	silice	15,70	31,40
	alumine	7,85	
	chaux	7,85	
Magnétite			1,88
Métasilicates	silice	5,52	11,04
	magnésie	1,60	
	FeO	0,84	
	chaux	3,08	
Olivine (1)	silice	6,48	19,44
	magnésie	8,18	
	FeO	4,78	
Silice libre			0,00
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^3.

Le basalte de Sériers est une roche holocristalline composée d'olivine, de magnétite, de nombreux cristaux de feldspaths calco-sodiques basiques très maclés, allongés, tantôt alignés en traînées fluidales, plus souvent enchevêtrés de manière à laisser entre eux des espaces intersectaux remplis principalement par de l'augite. L'apparence de ces cristaux de feldspath est celui d'énormes microlites longs de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$, qui, par leur englobement dans l'augite, donnent à la roche une structure ophitique. Les deux temps de consolidation de ce basalte sont tellement peu distincts que la roche ressemble plus à une diabase qu'à un basalte normal (2). On ne saurait

(1) La composition chimique de l'olivine a été directement déterminée.
(2) *Voir* p. 152 de l'Ouvrage B.

mieux la désigner qu'en la comparant aux dolérites des auteurs anglais.

L'analyse en bloc donne, pour la composition moyenne des feldspaths de la roche, sensiblement la même formule que celle que fournit directement l'analyse des feldspaths après extraction, ce qui s'explique naturellement par le manque de matière vitreuse et par l'absence de deux temps de consolidation. Elle témoigne, en outre, de l'existence de l'olivine en proportions notables et établit nettement l'abondance de la chaux dans la composition des métasilicates.

Basalte doléritique de Bouzentès (Cantal).

			Quotients moléculaires.	
Silice	46,71	47,74	79,55	53,41
Acide titanique	2,49	»	»	»
Alumine	22,01	22,49	22,05	14,81
Fe^2O^3	4,03	4,12	2,58	1,73
FeO	7,00	7,15	9,93	6,67
CaO	10,93	11,16	19,93	13,38
MgO	3,78	3,86	9,65	6,48
Na^2O	2,74	2,80	4,51	3,03
K^2O	0,67	0,68	0,72	0,49
	100,36	100,00	148,92	100,00

Poids spécifique : 3,068. Perte au feu de 100° au rouge : 0,21.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	21,12	28,16
	alumine	3,52	
	alcalis	3,52	
Anorthite	silice	22,58	45,16
	alumine	11,29	
	chaux	11,29	
Magnétite			3,46
Métasilicates	silice	5,91	11,82
	magnésie	2,16	
	FeO	1,66	
	chaux	2,09	

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire (suite).

Olivine (1)	silice	3,80	11,40
	magnésie	4,32	
	FeO	3,28	
Silice libre			0,00
Alumine libre			0,00

La formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche est comprise entre Ab^3An^4 et Ab^3An^5.

Le basalte de Bouzentès provient d'une épaisse coulée exploitée sur une grande échelle pour matériaux de construction. Il appartient au même type que le basalte de Sériers et offre à l'analyse les mêmes caractères. Son étude chimique conduit aussi aux mêmes conclusions que celles qui ont été développées à propos du basalte de Sériers.

Basalte du Puy de la Croix (*Cantal*).

			Quotients moléculaires.	
Silice	49,94	50,44	84,06	57,02
Acide titanique	2,54	»	»	»
Alumine	19,62	19,82	19,43	13,18
Fe^2O^3	5,95	6,01	3,76	2,55
FeO	4,89	4,94	5,45	3,70
CaO	7,92	8,00	14,03	9,51
MgO	5,05	5,10	12,76	8,66
Na^2O	3,38	3,41	5,51	3,73
K^2O	2,26	2,28	2,43	1,65
	101,55	100,00	147,43	100,00

Poids spécifique : 2,98. Perte au feu de 100° au rouge : 0,88.

(1) La composition de l'olivine de la roche a été déterminée directement toutes les fois que l'analyse en bloc a révélé la présence de ce minéral.

Interprétation de l'analyse. Composition moléculaire.

Feldspaths alcalins	silice	32,28	43,04
	alumine	5,38	
	alcalis	5,38	
Anorthite	silice	15,60	31,20
	alumine	7,80	
	chaux	7,80	
Magnétite			5,10
Métasilicates	silice	6,76	13,52
	FeO	1,15	
	chaux	1,71	
	magnésie	3,90	
Olivine	silice	2,38	7,14
	magnésie	4,76	
Silice libre			0,00
Alumine libre			0,00

Formule résultant de l'analyse pour la composition moyenne des feldspaths de la roche : Ab^4An^4.

Le basalte du Puy de la Croix provient d'un dyke qui découpe la crête du Cantal et qui se termine en saillie sur cette crête à une très petite distance à l'ouest du monticule du Plomb. La roche est d'un gris très foncé à grains fins. Au microscope, elle offre nettement deux temps de consolidation bien distincts. Les phéno-cristaux appartiennent aux types labrador et labrador-bytownite. Les microlites offrent les angles d'extinction du labrador. La fluidalité est très marquée, la matière vitreuse peu apparente. La proposition relativement élevée de potasse révélée par l'analyse mérite d'appeler l'attention. Ce type de basalte est très fréquent dans la Haute-Auvergne. La composition moyenne des feldspaths de la roche est sensiblement la même que celle des phéno-cristaux, d'où l'on peut conclure, ce que l'on savait déjà par l'observation microscopique, que les microlites ont à peu près la

même composition que les phéno-cristaux et que la matière vitreuse est peu abondante et aussi de composition peu différente.

EXAMEN CRITIQUE DE LA THÉORIE DE LA DIFFÉRENCIATION.

Cette théorie, acceptée pour ainsi dire sans réserves, il y a quelques années, par un grand nombre de pétrographes et enseignée encore aujourd'hui comme classique dans les universités, comprend plusieurs hypothèses.

1° Le globe terrestre aurait été primitivement fondu en totalité et homogène ;

2° L'hétérogénéité actuelle des produits éruptifs serait due à des séparations spontanées qui se seraient faites dans le magma originel, sous l'influence des inégalités de température ;

3° La différenciation progresserait encore aujourd'hui et incessamment depuis le commencement des temps géologiques. Le magma fondu général se scinderait de plus en plus et les magmas partiels, obéissant à la même loi, se diviseraient à leur tour en magmas de second, de troisième ordre, etc. Ainsi la différenciation serait un phénomène normal soumis à des règles fixes de plus en plus étroites à mesure que la nature poursuit son travail souterrain.

Voici maintenant les remarques que suggèrent les principes ci-dessus exposés :

En premier lieu, rien ne démontre l'homogénéité primordiale de la Terre. Si un tel état avait jamais existé, il aurait été dû, soit à l'uniformité de composition et de distribution dans l'espace des matières cosmiques dont la précipitation et l'agglomération ont donné naissance à notre globe, ou bien encore à un brassage énergique et prolongé du magma fondu,

correspondant aux premiers temps de la genèse de la Terre comme planète distincte. Or, aucune de ces deux explications ne peut être acceptée. La diversité de composition des météorites dont les chutes se produisent de nos jours montre bien que la matière cosmique encore aujourd'hui en circulation dans l'Espace est dépourvue d'homogénéité; et, de plus, la considération des résultats fournis par l'analyse spectrale des étoiles confirme cette conclusion, car si les spectres en question offrent des traits communs, ils sont néanmoins assez différents pour démontrer la diversité de composition quantitative des astres qui les fournissent.

Quant à l'explication de l'homogénéité primordiale supposée au moyen d'un brassage et d'une fluidité extrême des éléments primordiaux du globe, aucun fait ne la démontre ; c'est une hypothèse purement gratuite, en contradiction d'ailleurs avec ce que les données de la Physique, de la Mécanique et de l'Astronomie ont permis de présumer sur la densité et la rigidité des parties centrales de la Terre et avec ce que l'on sait relativement à la viscosité de la matière fondue sous-jacente à son écorce.

L'hypothèse d'un magma primitif unique et homogène (Urerdmagma des pétrographes allemands et scandinaves) doit donc être absolument abandonnée.

Est-ce à dire pour cela qu'il faille rejeter *a priori* le phénomène de la différenciation des magmas fondus comme impossible, ou, au moins, comme incapable de rendre compte de certains faits particuliers limités ? Nous ne pensons pas qu'il faille aller aussi loin et lui refuser toute réalité et toute influence.

Des cristallisations variées s'effectuent dans les laves épanchées, tant qu'elles sont en mouvement. Il s'en produit aussi dans les fentes qui en amènent les produits fondus à la surface du sol, aussi bien que dans les amas profonds dont la

consolidation totale s'opère avec une extrême lenteur. Or, toute cristallisation opérée dans ces conditions implique un phénomène de différenciation. Mais à cause de la très grande viscosité des silicates fondus et aussi parce que la zone d'attraction moléculaire des cristaux engendrés est des plus étroites, les cristallisations de ce genre constituent des arrangements extrêmement localisés. Les déplacements relatifs de matière sont des plus limités; dans une coulée en voie de cristallisation, par exemple, on n'a jamais constaté de transports comparables à ceux qui s'opèrent sous d'autres influences dans une cuve de galvanoplastie ou même à ceux qui, sur une plus grande échelle, ont amené la formation des filons concrétionnés. En un mot les cristallisations au sein des magmas silicatés fondus sont des différenciations de caractère essentiellement minéralogique et non d'ordre géologique.

Il est vrai que, dès que commence une cristallisation de minéraux différents au sein d'un magma fondu, ceux-ci tendent immédiatement à se séparer en vertu de la diversité de leurs poids spécifiques; les moins denses remontent vers la surface, les plus denses s'enfoncent malgré la viscosité du milieu ambiant qui s'oppose à leurs mouvements. Les pétrographes du milieu du siècle dernier attachaient une grande importance à ce fait et ont même fondé là-dessus une théorie explicative de la différenciation des magmas silicatés fondus. Le fait fondamental sur lequel on l'appuie est indéniable; il est d'ailleurs démontré par les observations comparatives nombreuses faites sur les alliages métalliques en fusion qu'on laisse lentement refroidir. Reste à savoir quelle peut être l'extension du phénomène. Il se passe certainement dans une couche peu épaisse possédant seule la température convenable pour la production des cristaux et leur mobilité. A la rigueur, on comprend qu'un tel procédé puisse contribuer à

faire surnager un certain nombre de cristaux de faible densité; mais, quant aux cristaux plus denses, ils ne peuvent descendre beaucoup au-dessous de leur position initiale, sans quoi ils seraient promptement redissous sous l'action de la température plus élevée qu'ils rencontreraient. La cause ainsi indiquée ne peut donc fournir qu'un transfert vertical de médiocre étendue.

Parmi les pétrographes modernes a surgi une théorie nouvelle fondée sur l'observation de l'ordre habituel des cristallisations dans les laves. On a remarqué, en effet, que les cristaux de composition basique prenaient naissance en général avant l'apparition des cristaux des espèces plus acides, et que dans certains cas particuliers bien étudiés on les trouvait après consolidation en couches distinctes tapissant les surfaces de refroidissement. Un peu prématurément, sans s'occuper des cas opposés, on a généralisé le phénomène et conclu que, dans tous les cas, il y avait différenciation avec transfert sous l'influence du refroidissement, accumulation de produits basiques vers la surface extérieure des amas fondus et rejet de matériaux acides dans leurs parties plus profondes et plus chaudes.

Cette théorie repose sur un mélange de faits vrais avec d'autres faits contestables ou erronés, mis en avant sans contrôle suffisant. Tous mériteraient d'être discutés séparément et attentivement, interprétés sans parti pris, en tenant compte dans chaque cas de la possibilité d'explications plus vraisemblables aussi bien dans l'ordre minéralogique que dans l'ordre géologique. Il y a besoin d'observations et d'expériences nouvelles pour que la différenciation ainsi comprise soit considérée comme un phénomène indubitable.

Remarquons en outre que, si cette théorie, de même que la précédente, peut rendre compte des transferts verticaux dans un magma à surface supposée horizontale ou de dépôts de

cristaux régulièrement stratifiés parallèlement à la surface de refroidissement, elle ne peut donner aucune idée de la cause des localisations dans le sens tangentiel, ce qui au fond constitue la principale difficulté.

Des différenciations peuvent-elles aussi s'opérer dans les mêmes milieux sous l'influence des inégalités de température, indépendamment de tout phénomène de cristallisation, ou, en d'autres termes, un magma de silicates fondus peut-il se scinder, par exemple, en deux magmas également fondus et de compositions différentes ? *A priori* la chose n'a rien d'impossible ; on connaît un grand nombre de liquides possédant la propriété de se dissoudre mutuellement dans des conditions favorables et susceptibles inversement de se séparer quand ces conditions ne sont pas remplies. D'ailleurs le rapprochement rationnel de la constitution de ces bains fondus avec celle des dissolutions à basse température autorise à leur appliquer les déductions tirées de la considération des dissolutions aqueuses. Or, les expériences de Soret sur les dissolutions des sels dans une masse d'eau dont les différents points sont portés à des températures inégales semblent bien justifier jusqu'à un certain point l'existence de phénomènes de différenciation opérés dans ces conditions. On peut seulement reprocher à ces expériences leur trop médiocre amplitude eu égard à la grandeur des phénomènes naturels qu'ils tendent à expliquer et de n'être comparables avec eux que dans une mesure éloignée.

En suivant de près les inégalités qui se manifestent dans la matière des creusets de verrerie, on peut espérer obtenir des résultats plus décisifs ; mais, jusqu'à présent, les expériences faites dans les ateliers de l'industrie aussi bien que celles qui ont été effectuées dans les laboratoires scientifiques n'ont pas conduit à des conclusions suffisamment satisfaisantes, ce qui tient à ce qu'on n'a pas su se soustraire assez méthodique-

ment à des influences extérieures qui ôtent toute sûreté aux conclusions à déduire des opérations [1].

En somme, les données expérimentales actuellement connues ne justifient pas l'ampleur donnée par les pétrographes à la théorie de la différenciation, toutes les fois qu'ils ont voulu l'appliquer à des provinces pétrographiques étendues et *a fortiori* quand ils y ont eu recours pour rendre compte de la diversité des roches éruptives du globe terrestre tout entier.

Quand on passe en revue l'ensemble des enseignements de la géologie, on arrive forcément à conclure que de tous temps le globe terrestre a été hétérogène, que les foyers éruptifs sont très inégalement distribués et localisés, et que chacun a son individualité propre avec des liens de parenté (consanguinity) qui le rattachent à d'autres foyers, tantôt contigus, tantôt situés à de grandes distances.

Les différenciations sont incapables d'amener des transferts lointains comme ceux qu'implique la localisation des massifs éruptifs, si différents les uns des autres au point de vue de la composition des roches qui les constituent, en des lieux séparés quelquefois par d'énormes intervalles, pas plus qu'elles ne peuvent rendre raison de l'identité de quelques-uns de ces amas dépourvus de communications entre eux.

Comment supposer que d'un même magma fondu, certains composés chimiques aussi rapprochés les uns des autres que le sont, par exemple, les bases alcalines et alcalino-terreuses, aient pu s'échapper en sens divers, circuler souterrainement et s'accumuler localement dans des districts souvent fort

---

(1) Pour faire saisir au lecteur quelques-unes des difficultés de la question et la portée des objections opposées, aux dissociations des matières fondues, comparées aux dissolutions à basse température, je ne saurais mieux faire que de renvoyer au mémoire de Becker publié dans l'*American Journal*, 4e série, t. III, p. 21; t. IV, p. 257.

écartés entre eux? Pourquoi la soude serait-elle venue se concentrer dans le bassin de Christiania et dans les Kaménis de Santorin, la potasse au Vésuve ou dans quelques autres volcans isolés, la chaux et la magnésie à l'Etna et dans les volcans basaltiques? Et dans une même région les localisations ne sont-elles pas presque toujours tout aussi accentuées? Dans le groupe du Mont-Dore, par exemple, aucun phénomène de différenciation ne peut rendre compte de la séparation de types aussi tranchés que les andésites, les phonolites et les basaltes, quelque voisins et enchevêtrés que soient les gisements de ces roches. A plus forte raison, la même difficulté se présente-t-elle lorsqu'il s'agit d'évents très éloignés les uns des autres. La viscosité très grande des silicates fondus semble bien être un obstacle invincible aux voyages en sens divers que l'on a imaginés comme ayant affecté les éléments intégrants de leur magma originel.

Si les phénomènes de différenciation étaient, comme on le suppose, lents, graduels et progressifs, les éruptions de composition signalant les étapes des phénomènes ne se feraient-elles pas d'ailleurs dans un ordre déterminé? Tous les pétrographes partisans de la théorie de la différenciation ont admis cette conséquence et ont cherché à en déterminer les lois. Mais là s'arrête l'accord qui existe entre eux; rien de confus comme les résultats contradictoires auxquels ils ont été conduits. L'un a assigné aux roches éruptives d'un district donné un ordre de genèse particulier; un autre, étudiant une autre région, est arrivé à une conclusion contraire; un troisième a conclu à l'existence d'un ordre encore tout différent. Dans leurs travaux, les généralisations hâtives luttent les unes contre les autres et se détruisent mutuellement. Comme conséquence, il faudrait admettre que la nature, en opérant les différenciations, a agi bien capricieusement.

N'est-il pas plus simple et par suite préférable d'admettre

que la matière fondue qui fournit les roches éruptives a toujours été hétérogène, mais qu'elle l'est peut-être plus que jamais à cause des phénomènes endomorphiques qu'elle subit et surtout à cause de l'action puissante et compliquée des minéralisateurs qui, souterrainement, s'exerce sans trêve ni relâche et dont nous ne découvrons le plus souvent les effets grandioses que longtemps après qu'ils ont eu lieu !

D'ailleurs, il n'y a pas que les magmas fondus alimentant les volcans qui soient hétérogènes. Rien de varié et d'inégal comme la distribution et la localisation par groupes des eaux minérales, des roches plutoniques et des filons concrétionnés. Ne sait-on pas que certaines régions privilégiées sont exceptionnellement et très localement favorisées au point de vue des dépôts métallifères ? Est-ce que tous les gisements éruptifs offrent à ce point de vue les mêmes caractères ? Est-ce que tous les filons sont également riches en métaux précieux ? Tous offrent-ils la même gangue ? Est-ce que les dépôts d'acide borique si limités de la Toscane et de la petite île de Vulcano n'impliquent pas l'existence dans les profondeurs correspondantes du sol de réservoirs d'étendue très restreinte riches en acide borique ou en combinaisons boratées ? Croit-on qu'il suffise de pratiquer un sondage dans une région granitique ou gneissique quelconque pour obtenir la sortie de telle ou telle eau minérale déterminée ? Ces sources sont disposées en groupes remarquablement localisés et doués de caractères spéciaux. Quand on songe à l'énorme amas de sels de soude que l'on aurait recueilli au Mont-Dore, à Vichy et à Karlsbad si seulement, en chacun de ces trois points, on avait pu évaporer l'eau minérale qui en est sortie depuis le commencement des temps historiques, on ne peut s'empêcher de penser qu'il existe souterrainement, au-dessous de ces localités, des amas alcalins d'un volume énorme et cependant très localisés.

Enfin, que dire des gîtes si exigus et si limités où la patience des chercheurs les plus expérimentés va recueillir les composés des terres rares ? Si ces terres rares ont été primitivement distribuées d'une façon uniforme en proportions infinitésimales dans le magma fondu universel, quelle différenciation miraculeuse ne faut-il pas admettre pour expliquer leurs gisements actuels!

Contre la théorie de la différenciation, il est encore un argument, plus contestable à la vérité, mais qui cependant ne doit pas être passé sous silence. Il se tire de la comparaison des roches volcaniques des anciennes périodes géologiques avec celles de l'époque actuelle. Les roches volcaniques anciennes étaient naguère encore méconnues des géologues; il a fallu l'introduction du microscope et la sagacité des pétrographes pour les faire reconnaître malgré les altérations diverses qu'elles ont subies. Aujourd'hui, leur existence est établie indubitablement et leur étude fait chaque jour de grands progrès. On peut donc les comparer entre elles et surtout les comparer avec celles des volcans modernes. Si les phénomènes de différenciation correspondaient à un processus régulier et incessamment progressif, il devrait y avoir d'énormes différences de composition entre les magmas qui ont déversé les produits de la période paléozoïque et même ceux de la période secondaire et ceux qui rejettent encore les laves de nos volcans actuels.

Or, quand on met de côté les différences dues à l'action des minéralisateurs et aux altérations atmosphériques, on est surpris de l'idendité de composition des roches des volcans carbonifères, dévoniens ou siluriens avec celles que nous voyons engendrées sous nos yeux par l'action des feux souterrains. Ce sont les mêmes types minéralogiques et chimiques qui se présentent avec quelques différences seulement d'ordre secondaire. Certains porphyres sont à peu près iden-

tiques à nos dacites et à nos rhyolites, les différents types de porphyrites reproduisent presque exactement nos andésites, les basaltes ne diffèrent pas sensiblement de nos laves basaltiques et les peridotites de toutes les époques peuvent être à peu près assimilées et identifiées dans toutes leurs variétés. Les diversités que l'on constate entre des roches analogues d'âge différent sont beaucoup plus des diversités de structure que des différences de composition chimique. En outre, dans chaque cas particulier, un examen attentif des faits donne en général assez facilement l'explication des anomalies apparentes.

En somme, si les causes qui modifient les résultats des analyses sont encore quelquefois difficiles à apprécier et sont, dans quelques cas spéciaux, un obstacle à ce qu'on puisse tirer de la comparaison des roches tout le parti qui doit en provenir plus tard, néanmoins ce qui est déjà sûrement établi montre assez que les magmas fondus telluriques n'ont guère subi de changements notables pendant l'immense durée des temps géologiques.

De tout ce qui vient d'être dit, nous pouvons donc déduire les conclusions suivantes :

1° L'hétérogénéité du globe terrestre est primordiale aussi bien dans le sens tangentiel que dans le sens radial ; elle n'a pas dû subir, avec le temps, de modifications considérables. La production des cristallisations, ainsi que les mouvements lents et limités occasionnés par la différence entre les densités des cristaux formés et celle du milieu visqueux qui les tient en suspension sont les seules causes efficaces des déplacements sensibles ;

2° La théorie de la différenciation prise dans toute sa pleine extension, avec le caractère que les pétrographes modernes lui ont attribué, donne prise à des objections graves, pour ne pas dire à des impossibilités ;

3° Ou bien elle repose sur des conceptions purement gratuites; ou bien les faits de détail invoqués en sa faveur sont incertains ou susceptibles d'autres interprétations plus vraisemblables.

Sur l'apatite de Priziac (Morbihan);

Par M. Paul Gaubert.

Il a été envoyé dernièrement au Laboratoire de Minéralogie du Muséum, pour les faire déterminer, des cristaux bleuâtres provenant de Priziac (Morbihan), les uns isolés, les autres dans de la granulite. C'étaient des cristaux d'apatite. Malgré la grande diffusion de ce minéral dans la nature, les cristaux macroscopiques ayant des formes nettes se rencontrent dans peu de localités; aussi j'ai cru devoir signaler ce nouveau gisement.

Les cristaux ressemblent par leur couleur à ceux de la Villeder. Ils atteignent 1^{cm} de longueur et 5^{mm} de diamètre. Les faces observées sont p (0001), m ($10\bar{1}0$), h^1 ($11\bar{2}0$), b^2 ($10\bar{1}2$) et a^1 ($11\bar{2}1$).

Les combinaisons les plus fréquentes sont pmh^1b^2, pm, pmh^1; a^1 est assez rare.

La base est la face dominante. Elle est souvent corrodée; quelquefois elle présente des figures hexagonales en relief, formées par une petite pyramide dont la hauteur est très faible. Les côtés de la base de cette pyramide sont parallèles aux arêtes pm.

Les faces b^2 sont très développées et sont généralement brillantes. Les faces h^1 sont étroites.

Des stries se trouvent fréquemment sur les faces latérales

du prisme, elles sont parallèles à l'axe vertical, mais les faces *m* et h^1 sont quelquefois rigoureusement planes.

Quelques cristaux sont enveloppés d'une couche incolore alors que la partie centrale est bleuâtre.

L'apatite de Priziac se décolore par la chaleur. Elle contient beaucoup d'inclusions qui enlèvent de la transparence aux cristaux.

Une plaque taillée perpendiculairement à l'axe, examinée en lumière convergente, a montré des parties uniaxes et des plages dont la croix était légèrement disloquée; ces dernières sont sans régularité. Dans une autre plaque, taillée aussi suivant la base, les matières colorantes étaient plus abondantes dans les parties séparant les six secteurs ayant pour base l'arête *pm* et pour sommet le centre de la face *p*.

Minéraux nouveaux.

Pseudophillipsite. — Les cristaux de cette zéolite, qui se trouve dans la leucitite de Casal Brunori et Mostacciano, sont en octaèdres et ressemblent, à première vue, aux cristaux maclés de gismondine. Ils sont formés de huit individus et ont été décrits par vom Rath, qui les a considérés du reste avec raison, même sans que l'analyse en ait été faite, comme appartenant à la phillipsite.

L'analyse des échantillons provenant de Mostacciano a donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
SiO^2.....	37,79	38,02	38,21	37,84	38,56
Al^2O^3.....	25,55	24,98	25,69	26,19	26,22
CaO.....	11,84	11,15	10,08	10,98	14,40
K^2O.....	4,16	3,54	6,82	4,63	»
H^2O.....	20,60	22,01	19,45	19,84	20,82
	99,94	99,70	100,25	99,48	100,00

La colonne V se rapporte à la formule $\overset{\text{II}}{R}_2Al^4Si^5O^{18},9H^2O$, R = Ca.

Quant à la perte d'eau subie aux diverses températures, elle n'est pas la même que dans la phillipsite (F. Zambonini, *Neues Jahrb. fur Min.*, 1902, t. II, p. 73).

Rickardite. — Ce minéral, de couleur pourpre, se présente en masses lenticulaires, se trouvant généralement sur du tellure natif, dans la mine Good Hope, à Vulcan, Col. (États-Unis).

Il est massif, possède une cassure inégale, une densité de 7,54 et une dureté de 3,5; il est facilement fusible.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	I.	II.	Composition correspondant à Cu^4Te^3.
Cu.....	40,68	40,81	40,51
Te.....	59,36	59,06	59,49
	100,04	99,87	100,00

C'est donc un nouveau type de tellurure. Il correspond à la formule Cu^2Te, 2 Cu Te.

Ce minéral, qui a été dédié à M. T.-A. Rickard, directeur de l'*Engineering and Mining Journal*, est dans un filon contenant de la pyrite, du tellure natif, de la petzite, de la berthiérite, du soufre natif et un autre minéral qui est probablement de la roscoëlite (W. E. Ford. *Amer. Jour. of. sc.*, 4e sér., vol. XV, 1903, p. 69).

Mohawk-algodonite ; **mohawk-withneyite** ; **semi-whitneyite** (Koenig) (*voir* p. 362).

Iodembolite (Prior et Spencer) (*voir* p. 367).

Compte rendu des publications étrangères.

G.-A. Koenig. — Sur les nouvelles espèces mélanochalcite et keweenawite, avec notes sur d'autres espèces connues (*Amer. Journ. of Sc.*, vol. XIV, décembre 1902, p. 404).

La mélanochalcite et la keweenawite sont décrites page 266 de ce *Bulletin*.

La composition de la mohawkite et de la domeykite de la mine Mohawk (Keweenaw Co., Michigan) est la suivante :

Domeykite : Cu, **70,56**; As, **29,50**.

Mohawkite : Cu, **67,86**; (Ni + Co), **3,32**; As, **28,10**. Total : **99,28**. La quantité de nickel et de cobalt est trois fois plus petite que celle de la mohawkite primitivement décrite.

A un minéral de Mohawk de densité **8,378** à **8,364** et dont la composition est la suivante : Cu **80,72**, As **19,12**, Sb **0,84**, et qui est probablement un mélange, M. G.-A. Kœnig propose de donner le nom de *mohawk-algodonite*. De même il appelle *mohawk-withneyite* l'arséniure répondant à la composition : Cu, **85,9**; As, **14,1**.

L'auteur appelle *semi-whitneyite* le minéral, ressemblant à du cuivre natif et qui est un mélange, dont la composition est : Cu, **96,2**; As, **3,8**. Ces trois noms nouveaux s'appliquent seulement à des variétés et désignent plutôt des roches que des minéraux.

W.-E. Ford. — Sur la composition chimique de la dumortiérite (*Ibid.*, p. 426).

Les résultats des analyses sont les suivants :

	Clip (Arizona).	San Diego Co. (Col.).	Harlem (N.-Y.).
SiO^2.....	29,86	30,58	31,24
Al^2O^3....	63,56	61,83	61,26
Fe^2O^3....	0,23	0,36	0,10
B^2O^3.....	5,26	5,93	6,14
H^2O.....	1,41	2,14	2,09
Densité...	3,319	3,226 à 3,43	3,211 à 3,302

E.-H. Barbour et C.-A. Fisher. — Une nouvelle forme de calcite avec inclusions de sable (*Ibid.*, p. 451).

Les cristaux décrits, analogues comme constitution à ceux de Fontainebleau, proviennent de Devil Hill (South Dakota) (63,81 pour 100 de sable en moyenne) et de Goshen Hole Region, Wyoming (63,63 pour 100 de sable). Les premiers ont la forme d'un scalénoèdre terminé à ses deux extrémités par un rhomboèdre et les seconds montrent la combinaison d'un rhomboèdre aigu et d'un rhomboèdre obtus. Les uns et les autres ont les arêtes et les angles fortement émoussés.

O.-B. Böggild. — Sur l'ilvaïte de Siorarsuit et Julianchaab (Groenland) (*Meddelerser om Grönland,* Vol. XXV, 1902, p. 43).

Ce travail est une monographie très étendue de l'ilvaïte. Les cristaux présentent des types très divers, ayant cependant une certaine ressemblance entre eux. Ainsi $e^{\frac{1}{2}}(041)$, qui n'existe pas sur les cristaux des autres localités, est toujours assez développé.

L'ilvaïte est toujours associée à de l'albite grenue et en cristaux, à du grenat, à un minéral du groupe de l'amphibole, à du pyroxène, mais jamais à du quartz.

Les figures de corrosion sont étudiées, elles sont très facilement produites par l'action des acides et ont dans ce cas toujours la même forme, quelle que soit la nature de l'acide employé. Les alcalis donnent aussi des figures de corrosion, mais moins facilement que les acides.

L'analyse a donné les résultats suivants :

$$SiO^2, 29,62;\ Fe^2O^3, 19,48;\ FeO, 33,28;\ MnO, 2,20;\ CaO, 14,38;\ H^2O, 2,24.$$

Dans l'ilvaïte, comme l'a montré M. Max Bauer, le rapport $1:c$ change avec la quantité de manganèse. Pour celle de Siorarsuit, on a

$$a:b:c = 0,6766:1:0,4499.$$

Oliver C. Farrington. — Sur la présence du phosphore libre dans la météorite de Saline Township (*Amer. Journ. of. sc.* 4e sér., t. XV, 1903, p. 71).

En perforant la météorite de Saline Township, le dégagement d'une fumée blanchâtre a été constaté. Des essais chimiques ont montré que cette fumée était formée par du phosphore blanc. C'est donc la première fois que cet élément a été observé à l'état libre dans la nature.

P. Weingarten. — Sur la composition chimique et la constitution de l'idocrase (*Thèse de Doctorat,* Heidelberg, 1901).

Ce travail contient les résultats d'un grand nombre d'analyses de l'idocrase.

Idocrases sans fluor.

	Zermatt.	Corbassera.	Cziklova.	Canzacoli.	Matterhorn. I.	Matterhorn. II.
SiO^2....	37,49	37,18	37,00	36,29	37,09	36,38
TiO^2...	1,20	0,40	0,12	»	2,15	2,14
Fe^2O^3...	4,68	2,94	1,53	3,85	3,59	3,56
Al^2O^3...	14,74	17,12	17,51	16,31	15,56	15,71
FeO....	1,09	0,62	0,83	1,23	0,83	0,83
CaO...	35,43	34,35	36,56	36,01	35,24	35,20
MnO...	»	»	»	»	0,18	0,19
MgO...	2,42	3,56	3,82	2,70	2,24	2,26
K^2O....	0,66	0,36	0,02	0,23	0,72	0,73
Na^2O...	0,18	0,29	0,51	1,32	0,53	0,45
H^2O....	2,85	2,86	2,94	2,56	2,71	2,71
	100,74	99,68	100,84	100,54	100,84	100,16

Idocrases fluorées.

	Vésuve.	Sandford.	Egg.	Arendal.	Haslau.	Eker.
SiO^2.....	37,15	37,49	36,68	36,81	36,96	36,92
TiO^2.....	0,50	»	0,41	0,28	1,35	0,89
Fe^2O^3....	3,28	2,79	2,62	3,92	2,43	3,46
Al^2O^3....	15,73	16,03	16,70	16,25	16,18	15,34
FeO.....	1,94	3,08	2,76	2,21	2,47	1,51
CaO.....	35,49	33,84	34,97	35,49	35,11	35,81
MnO.....	0,52	0,37	»	0,14	»	»
MgO.....	2,64	2,13	2,51	2,72	2,67	3,04
K^2O.....	0,38	0,16	0,25	0,16	0,12	0,18
Na^2O.....	0,67	1,83	1,18	0,52	1,25	0,81
F.....	1,68	1,92	1,32	1,36	1,70	1,35
H^2O.....	1,97	1,53	2,00	2,21	1,80	2,15
	101,95	101,17	101,40	102,07	102,11	101,55

Ces résultats conduisent à la formule

$$Si^2O^7(Al, Fe)(OH, F)(Ca, Mn, Mg, Fe)^2.$$

G.-I. Herbert Smith et G.-T. Prior. — Sur le problème remarquable présenté par le développement cristallin de la calavérite (*Min. Magaz. London*, vol. XIII, 1902, p. 122).

Les auteurs arrivent aux résultats suivants : Considérant seulement le développement morphologique, la calavérite cristallise dans le système monoclinique, mais les indices qui doivent être assignés aux faces sont excessivement complexes. Les faces sont bien placées en zone, mais elles ne peuvent pas être attribuées à un réseau simple. Elles paraissent appartenir à cinq réseaux distincts qui sont incompatibles l'un avec l'autre mais qui ne sont pas indépendants. Leurs relations entre eux sont discutées. La forme des cristaux de calavérite ne pouvant être attribuée à un seul réseau, la structure de cette substance ne peut pas être comparée à celle des cristaux à anomalies optiques. La coexistence de deux ou de plusieurs réseaux incompatibles résulte de l'hétérogénéité et la seule hypothèse plausible par laquelle nous pouvons expliquer cet étrange phénomène présenté par ce minéral consiste à admettre qu'il y a un mélange intime de différents réseaux.

Quatre types de macles sont décrits.

Les cristaux, contenant une petite quantité d'argent, ont une composition chimique représentée approximativement par la formule $AuTe^2$.

G.-T. Prior et L.-J. Spencer. — Le groupe de la cérargyrite (*Ibid*, p. 174).

Les chlorure, bromure et iodure d'argent peuvent former des mélanges isomorphes en proportions très variées comme le montre le Tableau suivant. A désigne un échantillon provenant de Chañarcello (Chili); B, C, D, des échantillons de Broken Hill (New South Wales).

	A.	B.	C.	D.
AgCl.....	28,72	7,93	58,04	53,36
AgBr.....	52,53	75,73	37,24	46,33
AgI.....	19,23	16,23	4,35	0,29
Densité....	6,17	6,31	5,82	5,66

A ces minéraux, contenant du chlore, du brome et de l'iode, les auteurs donnent le nom d'*iodembolite*. Le nom de cérargyrite est réservé à tout le groupe, les sous-espèces sont :

Chlorargyrite	AgCl	grise ou peu colorée, densité 5,556.
Bromargyrite	AgBr	gris verdâtre.
Embolite	Ag (Cl, Br)	id.
Iodembolite	Ag (Cl, Br, I)	gris verdâtre à jaune orangé.

L. Colomba. — Sur la mohsite de la Beaume (*Acc. r. d. scienze di Torino*, vol. XXXVII, 11 mai 1902).

Des petits cristaux de mohsite sont disséminés dans des filons remplis d'albite, traversant des couches de schistes alternant avec des calcaires. Ces filons se trouvent sur le versant italien des Alpes, à la Beaume, près Oulx. La mohsite est accompagnée par l'anatase, le rutile (sagénite), la pyrite, la barytine, la dialogite, la dolomie et l'ilménite ayant la forme typique de cette espèce.

Les formes observées sont $a^1(111)$, $d^1(10\bar{1})$, $e^{\frac{4}{5}}(55\bar{4})$, $a^{10}(10.1.1)$, $a^{\frac{7}{2}}(722)$ $(14.5.1\bar{3})$ déjà connues, et $a^{\frac{1}{5}}(551)$, $a^{\frac{11}{5}}(11.5.5)$ et le scalénoèdre $(52\bar{1})$ nouvelles. La mohsite formerait d'après l'auteur une espèce indépendante de l'ilménite et se rapprochant, au point de vue cristallographique, de la sénaïte et de l'eudyalite.

A. Frenzel. — Nouvelles métamorphoses (*Tschermak's Mitth.*, t. XXI, p. 182, 1902).

Dans la mine Forster (Zinnwald), des cristaux de wolfram

sont complètement transformés en ocre rouge. Les cristaux d'eulytine des mines Gottes Geschick et Stamm Asser, près Schwarzenberg, présentent les formes x (211) et x ($2\bar{1}1$) et sont constitués par du bismuthocre. L'autunite de Magnetstollen, près Zschorlau, est transformée en stilpnosidérite (limonite).

J. Samoiloff. — Contribution à la cristallographie de la barytine (*Bull. de la Soc. des Naturalistes de Moscou*, p. 24, 1902).

Ce mémoire est une monographie des formes cristallines de la barytine. Tous les travaux relatifs à ce minéral y sont mentionnés. Il contient, en outre, l'étude des figures de corrosion naturelles et artificielles. Se basant sur les résultats fournis par ces dernières, l'auteur pense que la barytine n'est pas hémimorphe, contrairement à ce qu'admet M. Beckenkamp.

V. de Souza-Brandao. — Sur l'orientation cristallographique des sections des minéraux des roches en plaques minces (*Comm. de Direc. de serviços geologicos*, t. IV, fasc. I. Lisbonne, 1901).

Le travail est consacré à la détermination cristallographique de la position du plan suivant lequel un minéral est coupé dans une plaque mince.

H. Buttgenbach. — Lamelles d'aragonite dans la houille des environs de Liége (*Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXIX, 1902, B. 100).

Ces lamelles d'aragonite, maclées suivant m et aplaties suivant l'axe vertical, ont été trouvées dans la houille du charbonnage de l'Espérance, siège de Saint-Nicolas. Elles sont disséminées avec des lames de calcite sur deux des trois plans de séparation de la houille.

H. Buttgenbach. — Céruse de Santa-Rosalia (Pérou) (*Ibid.*, B. 103).

Les cristaux de cérusite de ce nouveau gisement sont aplatis parallèlement à g^1, offrent les formes ordinaires de ce minéral, et sont maclés suivant *m*. La cérusite est accompagnée de gœthite, variété *sammtblende*.

H. Buttgenbach. — Forme e_5 sur des cristaux de calcite d'Engis (*Ibid.*, B. 104).

Les cristaux présentent les formes $b^1 p\, e_5 e^1 d^2 e^3 e^2$. e_5 (645) est une forme nouvelle pour les cristaux belges.

H. Buttgenbach. — Volume et surface des solides holoèdres du système rhomboédrique (*Ibid.*, M. 3).

L'auteur détermine le volume et la surface des différents solides holoèdres, que l'on peut dériver du rhomboèdre dont la longueur des arêtes et l'angle ψ, que font entre elles deux de ses faces, ou bien l'angle φ, que fait l'une de ses faces avec un plan normal à l'axe ternaire sont donnés.

F. Zambonini. — Courte contribution à la connaissance chimique de quelques zéolites des environs de Rome (*Neues Jahrb. f. min.*, 1902, t. II, p. 63-96).

Les phillipsites de Copo di Bove, de Vallerano, de Casal Brunori, de Mostacciano sont étudiées. L'auteur admet, pour expliquer la composition de ce minéral, qu'il est un mélange de deux silicates $CaAl^2Si^2O^8, 4H^2O$ et $K^2Al^2Si^4O^{12}, 4H^2O$.

Dans le leucitite de Casal Brunori et Mostacciano se trouvent des cristaux octaédriques accrus sur des cristaux de gismondine. Le nom de *pseudophillipsite* leur a été donné (*voir* p. 360).

Les gismondines de Vallerano, de Copo di Bove, de Mostacciano sont analysées.

Les résultats sont les suivants :

	Vallerano.	Copo di Bove.	Mostacciano.
SiO^2.....	33,45	33,86	33,48
Al^2O^3.....	28,38	27,92	28,21
Fe^2O^3.....	0,17	»	»
CaO.....	14,54	14,41	14,76
K^2O.....	2,44	2,33	2,23
H^2O.....	20,92	20,97	21,09
	99,90	99,49	99,77

La formule de la gismondine est

$$CaAl^2Si^2O^8, 4H^2O.$$

Une petite quantité de calcium est remplacée par du potassium.

La phacolite aurait pour formule $4RAl^2Si^3O^{10}, RSiO^3, 22H^2O$ d'après les deux analyses suivantes :

	Vallerano.	Casal Brunori.
SiO^2.....	40,51	41,32
Al^2O^3.....	20,99	21,60
CaO.....	10,27	9,34
K^2O.....	6,52	6,46
H^2O.....	20,98	21,63
	99,27	100,35

Les quantités d'eau perdues aux différentes températures par ces trois espèces et la pseudophyllite sont déterminées.

A. Brun. — Étude sur le point de fusion des minéraux et sur les conséquences pétrographiques et synthétiques qui en résultent (*Arch. des sc. phys. et nat.*, avril 1902).

Un cristal du minéral, dont la température de fusion est à déterminer, était placé en équilibre sur un mince pédoncule creux de platine et chauffé uniquement par le rayonnement des parois incandescentes du moufle fermé dans lequel on chauffait les minéraux. L'instant de la fusion était indiqué par le fait que le cristal, primitivement anguleux, se ramassait en une boule. La mesure de la température atteinte était faite par les montres fusibles de M. Seger. Ces montres, qui sont des petites pyramides de corps silicatés fondant à des températures déterminées, sont échelonnées de 20° en 20° et montent jusqu'à 1850°.

L'auteur a observé que les silicates basiques présentent un point de fusion très net; le temps qui sépare le moment où le cristal se met en boule et celui où il coule est très court, certains même (wollastonite) coulent tout de suite. Les silicates acides se mettent en boule et coulent lentement.

Les résultats auxquels l'auteur est arrivé diffèrent beaucoup de ceux de M. R. Cusack (*Bull.*, t. XXI, p. 284) et de M. Doelter (t. XXIV, p. 518).

1° *Minéraux dont le point de fusion coïncide avec le point de destruction du réseau.*

Amphibole brune du Cervin	1060° – 1070	Orthose, Viesch	1300°
Hornblende (phonolite du Cantal	1060	Orthose (col du Géant)	1270
Trémolite (Zermatt)	1190	Microcline	1290
Anorthite de Idsu, Japon	1510	Microcline amazonite	1330
Labrador	1370	Anorthose (quatro Ribeyras)	1250
Andésine (porphyrite du Var)	1280	Wollastonite	1350
Oligoclase (Friedericks-wärn)	1260	Diopside (Ala)	1270
Albite, Viesch	1250	Augite (Stromboli)	1230
		Diallage	1210
		Bronzite	1410
		Hypersthène (St Paul)	1280

1° *Minéraux dont le point de fusion coïncide avec le point de destruction du réseau* (suite).

Acmite	970°	Leucite (Vésuve)	1410° / 1430
Spinelle (Amity et Ceylan)	1900 env.	Cordiérite (Finlande)	1310
Fer chromé (Oural)	1850	Pétalite (Utö)	1270
Quartz	1780	Nephéliné (Miask)	1270
Péridot (Eifel)	1750	Oligiste (Elbe)	1260
Fer chromé (Var)	1670	Topazolite (Zermatt)	1150
Apatite	1550	Grenat rouge (Zermatt)	110
Iserine	1450	Grenat almandin des Indes	1070 / 1060
Émeraude (Limoges)	1430 / 1410		

2° *Minéraux dont le point de destruction du réseau ne coïncide pas avec le point de fusion.*

	Température de destruction.	Température de fusion.
Haüyne	1410°	1450°
Méionite (Somma)	1250	1330
Sodalite (Ditrö)	1250	1310
Fluorine (glacier de Charpina)	1230	1270
Sphène	1190	1210
Trémolite (Gothard)	1090	1270
Antophyllite (Kongsberg)	1150	1230
Épidote (Untersalzbach)	900	1250
Idocrase (Zermatt)	980	1000

E. Rinne. — Chalcolite et son produit de déshydratation (metachalcolite) (*Cent. f. min.*, 1901, p. 618).

M. T.-L. Walker a observé sur la chalcolite des figures de corrosion ayant un seul plan de symétrie sur la base *p*(001), aussi a-t-il conclu, de ses observations, que ce minéral était monoclinique. M. Rinne a attaqué la chalcolite par l'acide azotique à la température ordinaire et a obtenu des figures,

dont la forme concorde avec la symétrie quadratique. La différence des résultats obtenus provient de ce que Walker employait l'acide azotique à chaud, et déjà de 60° à 65°, comme l'a observé Rinne, la chalcolite commence à perdre son eau de cristallisation et c'est la nouvelle substance qui se produit qui modifie la symétrie des figures de corrosion.

Les propriétés optiques étant aussi celles d'un minéral uniaxe, la chalcolite doit être considérée comme quadratique.

L'auteur étudie ensuite le spectre d'absorption de la chalcolite.

En chauffant une lame de clivage de chalcolite à une petite flamme, on voit le cristal devenir trouble, par suite de la formation, sur les bords de la lame, d'un grand nombre de fissures de clivage rectangulaires et dirigées suivant l'arête *pm*. Tandis qu'une lame qui n'a pas été soumise à l'action de la chaleur, a une double réfraction négative, une plaque chauffée à 65° est devenue moins réfringente et, tout en restant uniaxe, est positive.

Une lamelle de clivage chauffée dans l'eau bouillante montre sous le microscope quatre secteurs séparés par les diagonales de la face *p* (**001**). Elles sont peu biréfringentes et perpendiculaires à une bissectrice aiguë. Le plan des axes optiques de chaque secteur est perpendiculaire à la base de ce dernier.

En chauffant à 125° et au-dessus, la lame est encore partagée comme dans le cas précédent, mais le plan des axes optiques est parallèle à la base du secteur, c'est-à-dire à l'arête *pm* de la chalcolite.

K. Dalmer. — Contribution à la connaissance du groupe des chlorites (*Ibid.*, p. 627).

Les métachlorites sont toutes facilement décomposées par

l'acide chlorhydrique à chaud pendant que les orthochlorites sont les unes absolument indécomposables, les autres légèrement. Les métachlorites perdent déjà au-dessous de 500° la plus grande partie de leur eau, alors que les orthochlorites, à cette température, conservent toute leur eau ou n'en abandonnent qu'une très petite quantité.

La constitution chimique des chlorites est passée en revue.

A. Ludwig. — Transformation du charbon en diamant (*Chemik. Zeit.*, t. XXV, 1902, p. 979).

Pepys a démontré, en 1815, qu'un fil de fer, chauffé au rouge en contact avec le diamant, était transformé en acier. L'auteur annonce que sous une très forte pression, dans de l'hydrogène, la réaction inverse se produit et que le carbone chauffé à l'arc électrique en l'absence du fer, dans les mêmes conditions de pression, est transformé en diamant. Une spirale de fil de fer était incrustée de charbon pulvérisé et chauffée par un courant électrique dans une atmosphère d'hydrogène à la pression de 3100^{atm}. Le charbon se trouvant sur le fil s'est transformé en petits cristaux dont l'éclat, la dureté, la densité, l'indice réfraction sont ceux du diamant. Le diamant peut aussi être obtenu sans l'emploi de spirales de fer. Des masses sphériques de la grosseur d'un pois ayant la dureté et la structure du carbonado ont été ainsi préparées. L'auteur a l'intention de développer le procédé pour préparer industriellement le diamant.

R. v. Hasslinger. — Sur la reproduction du diamant par la fusion des silicates. (*Monatsf. f. Chemie,* t. XXIII, 8e fasc., 1902, p. 817.)

L'auteur a pris un mélange ayant la composition de la

brèche diamantifère (kimberlite) du Cap et qui est la suivante :

SiO^2, 40,30 pour 100, Al^2O^3, 9,45; R^2O, 0,90; Na^2O; Fe^2O^3, 7,30; MgO, 21,10; CaO, 3,48; Perte au feu, 13.

Comme il est difficile de le fondre (à la température de fusion du platine on obtient une masse pâteuse), le procédé de H. Goldschmidt a été employé. Dans ce but, l'alumine et la magnésie ont été remplacées par les quantités d'aluminium et de magnésium se trouvant dans ces bases, l'oxygène étant fourni par celui qui existe dans Fe^2O^3. La fusion est ainsi obtenue. A ce mélange on ajoute 1 à 2 pour 100 de carbone sous des formes diverses. Le graphite le plus fin est l'état du carbone le plus favorable. La quantité de matière employée est de 300^g.

La réaction est faite dans un creuset enveloppé de sable et de cendre.

Le produit résultant de la fusion, taillé en plaques minces, ne montre pas de diamants, car, à cause de sa dureté, les cristaux de ce dernier ont pu se détacher par la taille, mais en traitant par AzH^4Fl et SO^4H^2, il se produit un résidu qui contient de petits octaèdres réguliers qui, à cause de leur dureté et de leur combustion dans l'oxygène, ne peuvent être que du diamant.

H. Baumhauer. — Sur un nouveau cristal de seligmannite riche en faces. (*Sitz. Kgl. Akad. Wiss. Berlin.* 1902, p. 611.)

Sur ce cristal ayant $0^{mm},75$ de long sur $0^{mm},5$ de large, 40 faces ont été observées, appartenant à 23 formes dont 7 sont nouvelles. Les cristaux sont maclés suivant *m* (110).

F. Janda. — Sur la péchurane de Sankt, Joachimsthal et sur l'essai de l'urane. (*Oesterr. Z. Berg. Hutt.*, t. L, p. 283 et *Cent. f. Ch.*, t. XI, 1902, p. 151.)

Pour déterminer l'urane, le minerai est épuisé avec l'acide azotique et l'urane est précipité et pesé à l'état d'uranate de sodium ($Na^2O, 2UO^3 + 6H^2O$). La composition du minerai, après avoir été porté à la température de 120°, est la suivante :

U^3O^8 49,949; As^2S^3 0,711; PbS 1,848; PbO 0,250; Cu^2S 1,115; $PbSO^4$ et $CuSO^4$ traces; Bi^2S^3 0,308; Ag^2S 0,040; $Fe^2S^3 + FeS^2$ 7,928; Fe^2O^3 1,136; $FeCO^3$ 6,960; Al^2O^3 3,245; ZnS 1,093; MnO^2 0,107; $CaCO^3$ 3,690; $CaSO^4$ 0,893; $MgCO^3$ 0,756; $MgSO^4$ 0,068; SiO^2 18,545; V^2O^5 0,015; $H^2O + Na^2O + K^2O$ et P^2O^5 1,343; Ni, Mo, W, polonium, radium, aktinium, traces.

G.-T. Prior. — Identité de kilbrickénite et de la géocronite. Analyses de miersite, de marshite et de pyrite de cuivre. (*Miner. Magaz.*, vol. XIII, p. 186, mai 1902.)

La kilbrickénite fut décrite en 1840 par J. Apjohn qui lui attribua la formule $6PbS, Sb^2S^3$. L'année précédente L.-F. Svanberg avait signalé la géocronite et lui avait donné la formule $5PbS.(Sb, As)^2S^3$. L'auteur a refait les analyses de la kilbrickénite de la mine Kilbricken et est arrivé aux résultats consignés dans la colonne I. La colonne II renferme les nombres obtenus par M. G. D'Achiardi en analysant les cristaux de géocronite de Val di Castillo, Toscane (*Atti Soc. Toscana Sc. nat.*, Mem. Vol. XVIII, 1901). Les nombres correspondant à la formule théorique $5PbS.Sb^2S^3 + 5PbS.As^2S^3$ de la géocronite sont indiqués dans la colonne III.

	I.	II.	III.
Pb	68,49	70,02	69,62
Sb	9,13	7,78	8,07
As	4,59	4,47	5,05
S	17,20	17,57	17,26

J. Apjohn n'avait pas mentionné l'arsenic.

Ces analyses montrent bien que la kilbrickénite est identique à la géocronite.

L'analyse d'un échantillon de miersite a donné les résultats suivants :

Ag, 38,17; Cu, 5,64; I, 56,58. — Total: 100,39. Densité, 5,64.

Ces nombres concordent avec la formule 4AgI,CuI, établie par M. Spencer, en considérant la fusibilité de mélanges artificiels d'iodure d'argent et d'iodure de cuivre. (*Bull.*, t. XXIII, p. 441).

Un échantillon de marshite de Broken-Hill a fourni à l'analyse les résultats suivants :

Cu, 32,35; Ag, 1,19; I, 65,85. — Total: 99,39. Densité, 5,590.

ERRATA.

Tome XXIV (1901).

Page 119, ligne 14 en descendant, *au lieu de* $P^2O^5(MoO^3)^5Na^2O$, *lire* $P^2O^5(MoO^3)^5(Na^2O)^3$.

Page 521, ligne 11, *au lieu de* Tephtz, *lire* Teplitz.

Tome XXV (1902).

Page 156, dernière ligne, *au lieu de* (*fig.* 2), *lire* (*fig.*4).

Page 157, ligne 4 en remontant, après ternaire *ajouter* et binaire.

Page 163, ligne 11 en descendant, après produisent *ajouter* surtout.

Page 245, la figure 11 doit être retournée.

Page 253, dans la figure 16 les côtés *m* du cristal IV sont égaux.

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

DES TRAVAUX ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE TOME XXV.

Pages.

BOURGEOIS (L.). — Rapport du Trésorier..... 1
CORNU (A.). — Détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal, en grandeur et en direction, par le réfractomètre..... 7
— Démonstration et usage des formules relatives au réfractomètre..... 15
DUFET (H.). — Notices cristallographiques (IXe Série)..... 38
— Notices cristallographiques (Xe Série)..... 125
FOUQUÉ (F.). — Les analyses en bloc et leurs interprétations 278
FRIEDEL (G.). — Sur l'antophyllite de Saint-Germain-l'Herm et sur les rangées de clivage cylindrique..... 102
— Remarques sur une macle du quartz..... 110
— Sur les figures de corrosion du quartz à haute température..... 112
— Sur deux clivages de la calcite..... 113
GAUBERT (P.). — Sur les bandes biréfringentes provoquées par la pression avec rupture des faces, sur les cristaux cubiques..... 154
— Contribution à l'étude de la formation et de l'accroissement des cristaux..... 258
— Sur l'apatite de Priziac (Morbihan)..... 359
— Compte rendu des publications étrangères. 30-64-116-267-362
— Minéraux nouveaux..... 63-170-260-360
GONNARD (F.). — Sur quelques cristaux de quartz du Brésil. 56
— Sur un cristal d'améthyste du Brésil..... 59
— Sur une face Γ_1 observée sur un cristal de quartz du Valais par M. Termier..... 61

Pages.

LACROIX (A.). — Note préliminaire sur une nouvelle espèce minérale 85
— Sur la klaprothine de Madagascar 115
TERMIER (PIERRE). — Sur la néotantalite, espèce minérale nouvelle 34
— Sur la célestine du Djebel Kebbouch et du Djebel Bezina (Tunisie) 173
VIOLA (C.). — Observation sur la Note de M. A. Cornu 88
— Détermination des trois paramètres optiques principaux d'un cristal 147
WALLERANT (FRÉD.). — Sur un nouveau modèle de réfractomètre 54
— Sur les groupements de cristaux d'espèces différentes ... 180
WYROUBOFF (G.). — Sur la forme cristalline de l'oxalate de didyme 66
— Encore quelques mots sur la réaction de M. Meigen 69
— Sur quelques oxalates de glucine 71
— Sur la forme cristalline des inosites 165

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME XXV.

ABRÉVIATIONS USITÉES DANS CETTE TABLE.

An.	Analyse.	*Min. nouv.*	Minéral nouveau.
Const.	Constitution.	*Opt.*	Étude optique.
Crist.	Étude cristallographique.	*Reprod.*	Reproduction.
Group.	Groupement.		

A

Accroissement des cristaux (P. GAUBERT), 258.
Acide méthylarsénique (crist. et opt.) (H. DUFET), 142.
Acide tartrique (ind.) (A. CORNU), 23.
Alboranite (an.) (FOUQUÉ), 308.
— (Giorgios) (FOUQUÉ), 314.
— (Méthana) (FOUQUÉ), 315.
Allanite (group.) (WALLERANT), 207.
Améthyste (Brésil) (F. GONNARD), 59.
p-**amidophenylsulfonate de sodium** (crist. et opt.) (H. DUFET), 47.
1-4-**amidophenylsulfonate de sodium** (crist. et opt.) (H. DUFET), 50.
Amphibole (group.) (WALLERANT), 205, 206, 212, 215.
Analyses (roches) (FOUQUÉ), 278.
Anapaite (min. nouv.) (Anapa) (SACHS), 6.
Andalousite (group.) (WALLERANT), 205.
Andésites (an.) (Acrotiri) (FOUQUÉ), 318.
— (an.) (Chastel) (FOUQUÉ), 331.
— (an.) (Fraisse-haut) (FOUQUÉ), 333.
— (an.) (Plomb du Cantal) (FOUQUÉ), 335.
— (an.) (Séverac) (FOUQUÉ), 337.
— (an.) (Viaguin) (FOUQUÉ), 329.
Anthophyllite (Saint-Germain-Lherm) (G. FRIEDEL), 102.
Apatite (Minot) (WOLFF et PALACHE), 270.
— (Priziac) (P. GAUBERT), 359.
Apophyllite (Rezbanya) (ZIMANYI), 269.
Aragonite (formation) (WARTH), 274.

Aragonite (formation) (MEIGEN), 275.
— (Liège) (BUTTGENBACH), 368.
— (group.) (WALLERANT), 211.
Argyrose (group.) (WALLERANT), 198.
Arsensulfurite (min. nouv.) (RINNE), 263.
Astrophyllite (group.) (WALLERANT), 208.
Augite (lac Laach), 272.
Autunite (métam.) (FRENZEL), 368.
— (opt.) (RINNE), 273.
Azotate de soude (group.) (WALLERANT), 221.

B

Barytine (crist.) (SAMOILOFF), 368.
— (group.) (WALLERANT), 218.
Barytocalcite (group.) (WALLERANT), 210, 218.
Basalte (an.) (Auvergne) (FOUQUÉ), 342.
— (an.) (Bouzentes) (FOUQUÉ), 346.
— (an.) (La Morangie) (FOUQUÉ), 342.
— (an.) (Puy de la Croix) (FOUQUÉ), 347.
— (an.) (Sériers) (FOUQUÉ), 344.
Blende (group.) (WALLERANT), 195-197.
— (opt.) (GAUBERT), 156.
Boracite (opt.) (GAUBERT), 159.
Bromargyrite (PRIOR et SPENCER), 367.
Bromure de potassium (opt.) (P. GAUBERT), 228.
Brookite (group.) (WALLERANT), 203.
— (K. BUSZ), 272.
Brunsvigite (min. nouv.) (SCHMALENBERG), 170.

C

Calavérite (SMITH ET PRIOR), 366.
Calcite (Clivages) (G. FRIEDEL), 113.
— (formation) (MEIGEN), 275.
— (group.) (WALLERANT), 210, 211, 212, 213.
— (Engis) BUTTGENBACH), 369.
— (Rezbanya) (ZIMANYI), 269.
— (Devil Hill) (BARBOUR et FISHER), 363.
Carnallite (Beienrode) (BÜCKING), 119.
Célestine (Djebel Bezina) (TERMIER), 177.
— (Djebel Kebbouch) (P. TERMIER), 174.
Cérargyrite (an.) (PRIOR et SPENCER), 366.
Cérusite (Santa Rosalia) (BUTTGENBACH), 369.
— (Tarkaicza) (ZIMANYI), 269.
Chabasie (const.) (CLARKE), 30.
Chalcolite (opt.) (RINNE), 372.
Chalcopyrite (group.) (WALLERANT), 196, 197.
Chalmersite (min. nouv.) (Minas geraes) (HUSSAK), 5.
Chlorargyrite (PRIOR et SPENCER), 367.
Chlorite (const.) (K. DALMER), 382.
— (group.) (WALLERANT), 201.
Chlorure d'ammonium (opt.) (GAUBERT), 228.
— (Act. sur les silicates (CLARKE et STEIGER), 30.
Chlorure de baryum (macles) (GAUBERT), 256.
Chlorure de potassium (crist.) (GAUBERT), 228.
Chlorure de sodium (crist.) (GAUBERT), 226.
Chromopicotite (Canada) (HOFFMANN), 64.

Clivage (calcite) (G. FRIEDEL), 103.
Clivage cylindrique (G. FRIEDEL), 102.
Cobaltine (group.) (WALLERANT), 197.
Cordierite (group.) (WALLERANT), 215.
Corindon (crist.) (MELCZER), 122.
Cristaux (accroissement) (P. GAUBERT), 230.
— (RICHARD et ARCHIBALD), 120.
— (formation) (P. GAUBERT), 230.
— (groupement) (WALLERANT), 180.
— (structure) (BARLOW, MIERS, SMITH), 116.
— (biaxes) (pol. rot.) (POCKLINGTON), 120.
Cristallites (P. GAUBERT), 224.
Cuprite (New South Wales) (DIESELDORF), 116.

D

Dacite (Santorin) (FOUQUÉ), 317.
Diamant (repr.) (VON HASSLINGER), 374.
— (repr.) (LUDWIG), 374.
Didyme (oxalate de) (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 66.
Différenciation des magmas (FOUQUÉ), 349.
Dolomie (an.) (EISENHUTH), 121.
— (an.) (VESTERBEY), 272.
Domeykite (an.) (Kœnig), 362.
Dumortiérite (an.) (FORD), 363.

E

Embolite (PRIOR et SPENCER), 367.
Épidote (group.) (WALLERANT), 207.
— (Alaska) (PALACHE), 269.
Érythrite dichlorhydrique (H. DUFET), crist. et opt., 52.
Eulytine (métamorphose) (FRENZEL), 368.

F

Feldspaths (group.) (WALLERANT), 207, 214, 219.
Fer natif (Ovifak) (NICOLAU), 118.
Figures de corrosion (quartz), (FRIEDEL), 112.
Fluorine (opt.) (GAUBERT), 159.
Fusion (points de) (BRUN), 370.
— (DOELTER), 123.

G

Galène (group.) (WALLERANT), 210-211.
Geocronite (an.) (PRIOR), 376.
Globulites (P. GAUBERT), 223.
Glucine (oxalates de) (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 71.
— Lithium (id.) (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 83.
— Potassium (id.) (Id.) (WYROUBOFF), 80.
— Rubidium (id.) (id.) (WYROUBOFF), 81.
— Sodium (id.) (id.) (WYROUBOFF), 83.
Grandidiérite (min. nouv.) (Andrahoma) (A. LACROIX), 85.
Graphite (Minas geraes) (O. DERBY), 64.
Grenat (opt.) (GAUBERT), 161.
Guarinite (an.) (ZAMBONINI), 274.
Gypse (col. art.) (GAUBERT), 246.
— (RINNE), 121.
— (symétrie) (VIOLA), 267.

H

Hackmannite (Kola) (BORJSSTROM).

Heulandite (const.) (CLARKE), 30.
Histrixite (min. nouv.) (PETTERD), 266.
Hussakite (gisements) (RÖSSLER), 268.

I

Idocrase (an.) (WEINGARTEN), 364.
Ilvaite (Groenland) (BOGGILD), 363.
Indices (mesure) (CORNU), 7.
— (VIOLA), 147.
— (WALLERANT), 54.
Inosites (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 165.
— inactive (crist. et opf.) (WYROUBOFF), 165.
— lévogyre et dextrogyre (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 167.
— racémique (crist. opt.), 169 (WYROUBOFF), 169.
Iodembolite (min. nouv.) (an.) (PRIOR et SPENCER).
Iodure de potassium (group.) WALLERANT, 221.
— (opt.) (GAUBERT), 159.
— (accr.) (GAUBERT), 228.
Iridochlorooxalate de potassium (crist. et opt.) (DUFET), 137.
Iridochlorooxalonitrite de potassium (crist. opt.) (DUFET), 139.

K-L

Keweenawite (min. nouv.) (G.-A. KŒNIG), 267.
Kilbrichenite (an.) (PRIOR), 376.
Klaprothine (Madagascar) (A. LACROIX), 115.
Kœnenite (min. nouv.) (F. RINNE), 261.
Lépidolite (group.) (WALLERANT), 208.

M

Macle (GAUBERT), 251.
— quartz) (FRIEDEL), 110.
Magmas (Différenciation des) (FOUQUÉ 349.
Magnésite (an.) (VESTERBEY), 222.
Magnétite (group. WALLERANT), 201, 203, 206, 220.
Manganosphœrite (min. nouv.) (BUSZ), 171.
Marcasite (group.) (WALLERANT), 199, 216.
Meigen (réaction de M.) (WYROUBOFF), 69.
Mélanochalcite (min. nouv.) KŒNIG 266.
Métaautunite (RINNE), 273.
Métachalcolite (RINNE), 372.
Mica (group.) (WALLERANT), 200, 203, 206, 210, 215, 217, 221.
Miersite (an.) (PRIOR), 377.
Mispickel (group.) (WALLERANT), 216.
Mohawk-algodonite (KŒNIG), 362.
Mohawk-whitneyite (KŒNIG), 362.
Mohawkite (an.) (KŒNIG), 362.
Mohsite (La Beaume) (COLOMBA), 367.
Monazite (Minas Geraes) (O. DERBY), 64.
Mooraboolite (min. nouv.) (PRITCHARD), 263.
Muscovite (group.) (WALLERANT), 215, 217, 221.

N

Naphthionate de soude (crist. et opt.) (DUFET), 50.
Natrojarosite (min. nouv.) (HILLEBRAND ET PENFIELD), 264.

Néotantalite (min. nouv.) (TERMIER), 34.
Néphéline (group.) (WALLERANT), 215.
Nitrate de plomb (accr.) (GAUBERT), 228 et 231.
Nitrilopentachloroosmiate de potassium (crist. et opt.) (DUFET), 141.

O

Oligiste (group.) (WALLERANT), 200, 202, 220.
Oxalates de didyme (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 66.
Oxalates de glucine (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 71.
Oxalates de glucine et potassium (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 80.
Oxalate de glucine et rubidium (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 81.
Oxalate de glucine et sodium (crist. et opt.) (WYROUBOFF), 82.
Oxalate de glucine et lithium (crist. et opt.), (WYROUBOFF), 83.

P

Palladodibromonitrite de potassium (crist. et opt.) (DUFET), 137.
Paramètres optiques (A. CORNU), 7.
— (VIOLA), 88 et 147.
Particule complexe (WALLERANT), 184.
Pechurane (an.) (JANDA), 375.
Perlites (Baos) (FOUQUÉ), 320.
Petterdite (min. nouv.) (TWELVETREES), 266.
Phacolite (Rome), (ZAMBONINI), 370.
Phillipsite (Rome) (ZAMBONINI).
Phonolite (La Terrisse) (FOUQUÉ), 340.
— (Puy-Grioux) (FOUQUÉ), 338.
Phosphore (météorites) (O. C. FARRINGTON), 364.
Platonitrite de potassium hydraté (crist. et opt.) (DUFET), 125.
Platooxalate de potassium (crist. et opt.) (DUFET), 127.
Platooxalonitrite de baryum (crist. opt.) (DUFET), 134.
Platooxalonitrite barytopotassique (crist. opt.) (DUFET), 136.
Platooxalonitrite de potassium (crist. opt.) (DUFET), 130.
Plumbojarosite (min. nouv.) (HILLEBRAND ET PENFIELD), 264.
Polarisation rotatoire (crist. biaxes) (POCKLINGTON), 120.
Polybasite (group.) (WALLERANT), 177.
Polymorphes (corps) (SCHONBECK), 122.
Ponce (an.) (Santorin) (FOUQUÉ), 316.
Pseudogaylussite (métamorphose) (TRECHMANN), 268.
Pseudophyllipsite (min. nouv.) (ZAMBONINI), 360.
Pyrargyrite (group.) (WALLERANT), 198.
Pyridine (hydrate de) (crist. et opt.) (DUFET), 38.
Pyridine (chlorhydrate neutre de) (crist. et opt.) (DUFET), 40.
Pyridine (chlorhydrate basique de) (crist. et opt.) (DUFET), 43.

Pyridine (**bromhydrate basique de**) (crist. et opt.) (DUFET), 46.
Pyromorphite (Tarkaicza) (ZIMANYNÏ), 269.
Pyrite (group.) (WALLERANT), 210, 211, 216.
— (Muso), 272.
Pyrrhotite (group.) (WALLERANT), 199, 211.
— (Canada) (DIXON), 272.
Pyroxène (group.) (WALLERANT), 205, 206, 215.

Q

Quartz (corrosion) (FRIEDEL), 112.
— (group.) (WALLERANT), 213, 214, 215, 219.
— (solubilité) (SPEZIA), 119.
— (macle) (FRIEDEL), 110.
— (Baveno) (GONNARD), 90.
— (Binnen) (GONNARD), 95.
— (Brésil) (GONNARD), 56.
Quartz (Mont-Rose) (GONNARD), 97.
— (Traverselle) (GONNARD), 98.
— (Valais) (GONNARD), 61.
— (Vizezy) (GONNARD), 102.

R

Réfractomètre (CORNU), 6.
— (nouveau modèle) (WALLERANT), 54.
Reproduction des minéraux (TRAUBE), 173.
Rickardite (min. nouv.) (W.-E. FORD), 361.
Roches (an.) (FOUQUÉ), 278.
Rutile (group.) (WALLERANT), 202, 203.

S

Salmiac (opt.) (GAUBERT), 159.
Sanidine (opt.) (RINNE), 121.
Santorinites (an.) (FOUQUÉ), 285.
— (Aspronisi) (an.) (FOUQUÉ), 299.
— (Kameni) (an.) FOUQUÉ), 286.
— (Ile de Mai) (an.) (FOUQUÉ), 286.
— (Micra Kameni) (an.) (FOUQUÉ), 293.
— (Pælæa Kameni) (an.) (FOUQUÉ), 294.
— (Santorin) (an.) (FOUQUÉ), 285.
— (Thera) (an.) (FOUQUÉ), 302.
— (Therasia) (an.) (FOUQUÉ) 298.
Sel gemme (opt.) (GAUBERT), 158.
Séligmannite (H. BAUMHAUER), 375.
Semi-whitneyite (KŒNIG), 362.
Serendibite (min. nouv.) PRIOR ET C. SWAMY), 63.
Silicates (att. p. l'acide borique) (PFEIL), 122.
Sillimanite (group.) (WALLERANT), 205.
Soufre (stabilité des formes) (Brauns), 120.
Sperrylite (Rambles Mine) (WELLS et PENFIELD), 31.
Stilbite (Clarke), 30.
Sulfanilate de sodium (crist. et opt.) (DUFET), 47.
Sylvine (opt.) (GAUBERT), 158.
Système rhomboédrique (BUTTGENBACH), 369.

T

Tétraédrite (group.) (WALLERANT), 195, 196.
Thalénite (an.) (HILLEBRAND), 31.
Thomsonite (CLARKE), 30.
Tourmaline (group.) (WALLERANT), 215, 217, 221.
Trachyandésite (an.) Pignon (FOUQUÉ), 328.
— Sancy (FOUQUÉ), 326.

W-X-Y-Z

Wolfram (Zinnwald) (FRENZEL), 367.
Wulfénite (GAUBERT), 247.
Xénotime (group.) (WALLERANT), 203.
Yttrialite (comp.) (HILLEBRAND), 31.
Zéolites (env. de Rome) (ZAMBONINI), 369.
— (Bohême) (PÉLIKAN), 271.
Zéophyllite (min. nouv.) Grass Riesen (PÉLIKAN), 271.
Zircon (group.) (WALLERANT), 203.

Le Secrétaire, gérant :
PAUL GAUBERT.

31332 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

549.05
367
t.25
MINERALOGY

Société française de m
Bulletin.

NAME	DATE	NA

Stanford University Libraries
3 6105 007 697 795